



SUOMI-FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus  
Patent- och registerstyrelsen

(11) (21) Patenttihakemus - Patentansökan 974102

(51) Kv.lk.6 - Int.kl.6

H 04B 7/04, 7/185  
H 04Q 7/36, H 01Q 3/00

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag 30.10.97

(24) Alkupäivä - Löpdag 30.10.97

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig 01.05.98

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet

30.10.96 US 739645 P

(71) Hakija - Sökande

1. Motorola, Inc., Delaware, 1303 East Algonquin Road, Schaumburg, IL 60196, USA, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Turcotte, Randy Lee, 1329 E. LaVie Land, Tempe, AZ 85284, USA, (US)

2. Ma, Stephen Chih-Hung, 2321 W. Keating, Mesa, AZ 85202, USA, (US)

3. Aguirre, Sergio, 6 Campus Circle, Westlake, TX 76262, USA, (US)

(74) Asiamies - Ombud: Seppo Laine Oy, Lönnrotinkatu 19 A, 00120 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Menetelmä ja älykäs antennikeilojen muodostusjärjestelmä, jossa on parannetun  
signaalilaadun omaavat tietoliikenneyhteydet  
Förfarande och intelligent formningssystem för antennlober med datakommunikationer med  
förbättrade signalkvalitet

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Älykäs digitaalinen antennikeilojen muodostin (10) muodostaa satelliitissa sijaitsevan ryhmäantennin (20) kanssa yhdessä useita dynaamisesti ohjattavia antennikeiloja (52) maanpinnalla sijaitsevien tilaajayksiköiden kanssa viestimistä varten. Viestintäpalvelu- ja pyytävän tilaajayksikön (90) sijainti määritetään ja useita antennikeiloja muodostetaan ja osoitetaan tilaajayksikölle. Antennikeila seuraa tilaajayksiköitä satelliitin ja/tai tilaajayksikön liikkuessa. Digitaaliset antennikeilojen muodostuskertoimet asetetaan ja säädetään dynaamisesti, mikä auttaa tietoliikenteen signaalinlaadun maksimoimista tilaajayksiköillä.

Jatkuu seur. sivulla  
Forts. nästa sida

Menetelmä ja älykäs antennikeilojen muodostusjärjestelmä,  
jossa on parannetun signaalinlaadun omaavat tieto-  
liikenneyhteydet

5 Tämä keksintö liittyy vaiheistettujen ryhmäantennien alaan  
ja erityisesti digitaaliseen antennikeilojen muodostuk-  
seen.

10 Satelliittiviestintäjärjestelmät ovat käyttäneet vaiheis-  
tettuja ryhmäantenneja useiden käyttäjien kanssa viestimi-  
seen useiden antennikeilojen avulla. Tehokkaat kaistan-  
leveysmodulointitekniikat on tyypillisesti yhdistetty  
kanavointitekniikkoihin, ja käyttäjien lukumäärän suuren-  
tamiseksi käytetään taajuuserotustekniikkoja. Elektronisen  
15 ympäristön tullessa vilkasliikenteisemmäksi langattomien  
henkilökohtaisten viestintälaitteiden kuten matkapuheli-  
mien ja hakulaitteiden lisääntyessä näitä langattomia  
viestintäjärjestelmiä varten tarvitaan yhä enemmän infor-  
maatiota, ja nämä tulevat monimutkaisemmiksi. Esimerkiksi  
20 kaikkien käyttäjien kilpaillessa rajoitetusta taajuusalu-  
eesta eri järjestelmien keskinäisten häiriöiden lieventä-  
minen on perustekijänä taajuusalueen varaamiselle eri jär-  
jestelmille.

25 Lisäksi taajuusalueen osittamisen käsitteellä, esim. usei-  
den järjestelmien kyvyllä käyttää samanaikaisesti yhteistä  
taajuusaluetta, on suuri merkitys teleliikennelisanssejä  
satelliittijärjestelmien operaattoreille myöntäville hal-  
lituselimille, kuten esimerkiksi Federal Communications  
30 Comissionille (FCC USA:ssa).

Tarvitaan siis sellainen viestintäjärjestelmä, joka lie-  
ventää häiriöitä muiden järjestelmien välillä ja samalla  
käyttää mainittujen muiden järjestelmien kanssa yhteistä  
35 taajuusaluetta. Siten tarvitaan myös laite ja menetelmä,

joka pystyy käyttämään yhteistä taajuusaluetta ja suorittamaan muiden viestintäjärjestelmien kanssa yhteisen taajuusalueen osittamisen.

- 5 Vaikka antennikeilojen muodostusta varten on kehitetty joukko erilaisia tekniikkoja, niin nykyisiltä digitaalista antennikeilojen muodostusta käyttäviltä antennijärjestelmiltä puuttuu monien viestintäjärjestelmäsovellusten vaatima laskentakyky. Näin ollen tarvitaan sellainen digitaalinen antennikeilojen muodostusjärjestelmä, joka saa aikaan suuren laskentatehon pienin kustannuksin.

- 15 Tämä keksintö on erityisesti esitetty oheisissa patenttivaatimuksissa. Esillä oleva keksintö voidaan ymmärtää täydellisemmin seuraavan yksityiskohtaisen selityksen ja patenttivaatimusten avulla ja tarkastelemalla niitä oheisten kuvioiden yhteydessä, missä samat viitenumerot viittaavat samanlaisiin nimikkeisiin kaikissa kuvioissa ja missä:

- 20 kuvio 1 esittää esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon mukaisen digitaalisen antennikeilojen muodostimen (digital beam former) käsittävän satelliittivastaanotinosan ja -lähetinosan lohkokaaviota;

- 25 kuvio 2 esittää esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon mukaisen digitaalisen antennikeilojen muodostimen käsittävän maapäättteen (ground terminal) ja ryhmäantennin lohkokaaviota;

- 30 kuvio 3 esittää geostationaarista satelliittia, joka käyttää esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon mukaista digitaalista antennikeilojen muodostinta ja joka käyttää ei-geostationaarisen satelliitin kanssa yhteistä taajuusaluetta;
- 35

kuvio 4 esittää satelliittia, joka muodostaa yksittäisiä antennikeiloja ja jossa on käytetty esillä olevan keksinnön mukaista digitaalista antennikeilojen muodostinta;

5      kuvio 5 esittää viestintäpalvelujen kysynnästä riippuvia antennikeilojen projektioita maanpinnalla esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon mukaista digitaalista antennikeilojen muodostinta käytettäessä;

10     kuviot 6 ja 7 ovat vuokaavioita, jotka kuvaavat esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon mukaista häiriöiden lieventämis- ja antennikeilojen kohdentamisproseduuria;

15     kuvio 8 on vuokaavio, joka kuvaa proseduuria antennikeilojen muodostamiseksi maantieteellisille alueille viestintäpalvelujen kysynnän mukaan;

20     kuvio 9 esittää esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon mukaisen digitaalisen antennikeilojen muodostimen lohkokaaaviota;

25     kuvio 10 esittää lohkokaaaviota, joka edustaa sellaisen laskentayksikön ensimmäistä suoritusmuotoa, joka soveltuu käytettäväksi esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon digitaalisessa antennikeilojen muodostimessa;

30     kuvio 11 esittää lohkokaaaviota, joka edustaa sellaisen laskentayksikön toista suoritusmuotoa, joka soveltuu käytettäväksi esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon digitaalisessa antennikeilojen muodostimessa;

35     kuvio 12 esittää lohkokaaaviota, joka edustaa sellaisen laskentayksikön kolmatta suoritusmuotoa, joka soveltuu

antennin säteilykuviossa. Esillä oleva keksintö saa aikaan myös digitaalisen antennikeilojen muodostimen, joka lieventää häiritsevistä signaaleista aiheutuvia häiriöitä.

- 5 Esillä oleva keksintö saa lisäksi aikaan menetelmän digitaalisen antennikeilojen muodostimen käsittävää ryhmäantennia käyttävien viestintäpäätteiden, tilaajayksiköiden, linkkien tai lentokoneiden kanssa viestimiseen. Parhaana pidetyssä suoritusmuodossa digitaaliset antennikeilojen
- 10 muodostuskertoimet asetetaan viestintäpäätteiltä vastaanotettujen viestintäsignaalien signaalinlaadun parantamiseksi tai maksimoimiseksi. Esillä olevan keksinnön eräässä suoritusmuodossa viestintäpääte antaa satelliitille laatu-
- 15 lukemat (quality indicators), jotka ilmaisevat viestintäpäätteen vastaanottamien signaalien laadun. Vastaanotettujen yhteyden laatulukemien perusteella satelliitissa sijaitseva digitaalinen antennikeilojen muodostin asettaa antenninsa säteilykuvion dynaamisesti, mikä helpottaa viestintäpäätteelle lähetettävän signaalin optimointia.
- 20 Esillä olevan keksinnön eräässä toisessa suoritusmuodossa digitaaliset antennikeilojen muodostuskertoimet asetetaan uudelleen vastaanotettujen signaalien signaalinlaadun pitämiseksi ennallaan ja signaalinlaadun parantamisen tai maksimoinnin helpottamiseksi viestintäpäätteen ja satelliitin keskinäisen sijainnin muuttuessa.
- 25

- Esillä oleva keksintö saa aikaan myös menetelmän viestintäpäätteiden kanssa viestimiseen satelliitissa sijaitsevassa ryhmäantennissa olevaa digitaalista antennikeilojen
- 30 muodostinta käyttäen. Digitaaliset antennikeilojen muodostuskertoimet asetetaan useampien antennikeilojen muodostamiseksi sellaisille maantieteellisille alueille, joilla viestintäpalvelujen kysyntä on suuri, ja asetetaan myös vähempien antennikeilojen muodostamiseksi sellaisille
- 35 alueille, joilla viestintäpalvelujen kysyntä on vähäinen.

Parhaana pidetyssä suoritusmuodossa, tiettyyn maantieteelliseen alueeseen liittyvien viestintäpalvelujen kysynnän muuttuessa, esillä olevan keksinnön digitaalinen antennikeilojen muodostin kohdentaa antennikeilat dynaamisesti tai kohdentaa lisää antennikeiloja viestintäpalvelujen kysynnän muutosten mukaan. Esillä oleva keksintö saa aikaan myös viestintäpäättteen, kuten esimerkiksi tilaajayksikön, joka on yhteydessä satelliitteihin, viestintäasemiin tai toisiin viestintäpäätteisiin digitaalisen antennikeilojen muodostimeen liitettyä ryhmäantennia käyttäen.

Analogiset ryhmäantennit ovat tunnettua tekniikkaa. Antennikeilojen ominaispiirteitä säädetään kunkin ryhmäelementin vastaanottaman tai lähettämän signaalin amplitudia tai vaihetta säätämällä. Näiden säätöjen avulla kutakin antennikeilaa voidaan muokata, määritellä sen kohdistussuunta, suunnata antennin nollakohdat jne. Useiden antennikeilojen muodostamiseksi voidaan käyttää useita amplitudi- ja vaiheasetuksia. Näiden järjestelmien monimutkaisuuden vuoksi useimmat analogiset ryhmäantennit, jotka kehittävät useita antennikeiloja käsittäviä säteilykuvioita, ovat vaiheistettuja ryhmiä, jotka käyttävät apumatriisia kustakin ryhmän elementistä tulevien signaalien yhdistämiseksi. Apumatriisin ja yhdistämispiirin muodostamisen jälkeen antennikeilojen ominaispiirteet pysyvät yleensä muuttamattomina. Esillä olevassa keksinnössä on käytetty digitaalista antennikeilojen muodostinta jokaisen säteilyelementin amplitudin ja vaiheen säätämiseksi useiden antennikeilojen muodostamiseksi. Antennikeilojen ominaispiirteitä, kuten esimerkiksi pääkeilan kohdennussuuntaa, minkä tahansa muiden antennikeilojen kohdennussuuntaa, kaistanleveyttä, nollakohtien sijaintia, apertuuriepäsäännöllisyyksien korjauksia ja antennikeilojen muita ominaispiirteitä säädetään antennikeilojen kertoimien dynaamista asettelua käyttämällä. Tällainen joustavuus ei ole mahdollista ana-

logisia vaiheistettuja ryhmäantenneja käytävissä toteutuksissa.

5 Kuvio 1 esittää esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon mukaisen digitaalisen antennikeilojen muodostimen käsittävän satelliittivastaanotinosan ja -läh-

10 tinosan lohkokaaviota. Digitaalinen antennikeilojen muodostin 10 käsittää vastaanoton digitaalisen antennikeilojen muodostuspiirin (DBF network, digital beam forming network) 32, vastaanoton antennikeilojen ohjausmoduulin (receive beam control module) 34, vastaanoton DBF-ohjaimen (receive DBF controller) 36, lähetyksen DBF-piirin (trans-

15 mit DBF network) 40, lähetyksen antennikeilojen ohjausmoduulin (transmit beam control module) 42 sekä lähetyksen DBF-ohjaimen (transmit DBF controller) 48. Vastaanotinosat käsittävät ryhmäantennin 20 vastaanotto-osan, yhden tai useamman vastaanotinmoduulin 26 sekä yhden tai useamman analogi-digitaalimuuntimen (A/D converter; AD-muuntimen) 28.

20 Antennikeilojen muodostin 10 toteuttaa antennikeilan ohjaus- ja säätötoiminnot, jotka ovat välttämättömät halutut ominaispiirteet omaavien antennikeilojen muodostamiseksi. Antennikeilojen muodostimen 10 kullekin antennikeilan

25 kanavajaottimelle (beam channelizer) 35 antamat digitaaliset ulostulot ovat mieluummin yhden antennikeilan ohjaussignaalia vastaavat. Nämä digitaaliset ulostulot reititetään pakettivälityselementtien (packet switching elements) avulla joko asianmukaisille siltayhteyksien (cross-link) yhdysteille tai alaspäisille (down-link) yhdysteille.

30 Alaspäisten yhteyksien tapauksessa prosessi on käänteinen.

Lähetyksen digitaalinen antennikeilojen muodostuspiiri 40 soveltaa tarkoituksenmukaisia antennikeilojen ohjausvektoreita ja antennikeilojen säätövektoreita kullekin näistä

35

signaaleista muodostaen alaspäiset antennikeilat, joilla on ennalta määrätty ominaispiirteet. Nämä kantataajuiset signaalit muunnetaan takaisin analogisignaaleiksi ja siirretään alaspäisten yhteyksien taajuuksille. Jokaista yksittäistä ryhmän elementtiä ohjataan mieluummin tehovahvistimella (PA, power amplifier). Lähetinosa käsittää yhden tai useamman digitaali-analogimuuntimen (D/A; DA-muuntimen) 44, yhden tai useamman lähetinmoduulin 46 ja ryhmäantennin 20 lähetysosan.

Ryhmäantenni 20 käsittää elementit 22, jotka on mieluummin sovitettu kaksiulotteiseksi ryhmäksi, mutta mitkä tahansa muut antennirakenteet ovat sopivia. Vastaanotetut radio-taajuussignaalit (RF-signaalit) ilmaistaan ja digitoidaan elementtitasolla. Kun häipymistä ei esiinny, kullakin elementillä vastaanotettujen signaalien amplitudit yleensä ovat yhtä suuret mutta vaiheet ovat toisistaan eroavat. Signaalit voivat edustaa mitä tahansa määrää viestintäkanavia.

Vastaanotinmoduulit 26 kehittävät analogisignaalit vastaanotettujen signaalien mukaan. Vastaanotinmoduulit 26 suorittavat taajuuden alasmuunnos- ja suodatustoiminnot sekä vahvistuksen AD-muuntimille 28 sopivalle tehotasolle. Säteilysignaalien vaiheinformaatio säilytetään analogisignaaliin sisältyvän samavaihekomponentin (in phase component; I-komponentin) ja  $90^\circ$  vaihe-erokomponentin (quadrature component; Q-komponentin) avulla. I- ja Q-komponentit edustavat vastaavasti analogisen kompleksisignaalin reaali- ja imaginaariosaa. Elementtien 22 ja vastaanotinmoduulien 26 välillä on mieluummin yksi-yhteen vastaavuus.

AD-muuntimet 28 näytteittävät ja digitoivat analogisignaalit ja tuottavat digitaalisignaalit. Kukin AD-muunnin on mieluummin varattu vastaavan ryhmäelementin tuottamien



Datapakettien välityselementeiltä 38 tuleva paketista purettu data annetaan antennikeilasyntetisaattorimoduuleille 45. Datapakettien välityselementit 38 antavat kutakin yksittäistä antennikeilaa edustavan digitaalisen datavirran kullekin antennikeilasyntetisaattorimoduulille 45. Tulevat digitaaliset signaalit käsittävät mieluummin kunkin kanavan/antennikeilan vaiheinformaation (I- ja Q-komponentit). Antennikeilasyntetisaattorimoduulit 45 muuntavat tämän digitaalisen datavirran digitaalseksi lähtösignaaliksi, joka edustaa lähetyksen kunkin säteilyelementin 22 analogisia aaltomuotoja. Kukin antennikeilasyntetisaattorimoduuli 45 antaa digitaalisen lähtösignaalinsa sekä lähetyksen digitaaliselle antennikeilojen muodostuspiirille 40 että lähetyksen antennikeilojen ohjausmoduulille 42. Lähetyksen antennikeilojen ohjausmoduuli 42 antaa painotetut summat lähetyksen digitaaliselle antennikeilojen muodostuspiirille 40. Painotettu summa muodostetaan mieluummin vastaamaan lähetyksen kutakin ryhmäantennin 20 säteilyelementtiä 22.

Lähetyksen antennikeilojen ohjausmoduuli 42 siirtää painoarvot digitaaliseen antennikeilojen muodostuspiiriin 40. Lähetyksen antennikeilojen ohjausmoduuli 42 määrittää adaptiivisesti sopivaa algoritmia käyttäen tarkoituksenmukaiset painoarvot.

DA-muuntimet 44 muuntavat antennikeilojen muodostuspiiriin 40 kutakin säteilyelementtiä vastaavat digitaaliset lähtösignaalit vastaaviksi analogisignaaleiksi kunkin säteilyelementin 22 osalta. Lähetinmoduulit 46 kehittävät säteilyelementeillä lähetettäväksi sopivat signaalit ja suorittavat mieluummin taajuuden ylösmuunnos-, suodatus- ja vahvistustoiminnot.

Kuviossa 1 esitetyllä digitaalisella antennikeilat muodos-  
 tavalla antennijärjestelmällä on etuja tavanomaisiin kiin-  
 teän säteilykeilan omaaviin antenneihin verrattuna, koska  
 se voi muun muassa erottaa hyvin lähekkäin sijaitsevat  
 5 käyttäjät, asetella antennikeilat tulevan datan mukaan  
 adaptiivisesti, muodostaa antennikeilat eri käyttäjille,  
 muodostaa antennikeilat viestintäpalvelujen kysynnän mu-  
 kaan ja parantaa ei-haluttujen RF-signaalien säteilykuvion  
 nollakohtien muodostusta. Nämä piirteet on toteutettu  
 10 ohjaimiin 36 ja 48 sulautetun asianmukaisen ohjelmiston  
 avulla.

Kuvio 2 esittää esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn  
 suoritusmuodon mukaisen digitaalisen antennikeilojen muo-  
 15 dostimen käsittävän viestintäpäätteen ja ryhmäantennin  
 lohkokaaviota. Viestintäpääte 90 voi olla matkapääte, maa-  
 asema, linkkiasema tai viestintäpääte, kuten esimerkiksi  
 matkaviestin tai matkapuhelin, ja se voi olla liikkuva tai  
 paikallaan pysyvä. Viestintäpääte 90 voi olla myös lento-  
 20 koneessa. Viestintäpääte 90 on liitetty ryhmäantenniin 89.  
 Ryhmäantenni 89 käsittää useita säteilyelementtejä, jotka  
 on mieluummin sovitettu kaksiulotteiseksi ryhmäkokoona-  
 noksi. Kukin ryhmäelementti suorittaa mieluummin RF-sig-  
 naalien vastaanottamisen ja/tai lähettämisen. Antennien  
 25 ominaisuuksista johtuen tässä esitetty selitys sopii yhtä-  
 läisesti lähetykseen ja vastaanottoon.

Viestintäpääte 90 käsittää suuntavaimentimet (isolators)  
 91, jotka erottavat ryhmäantennilta 89 vastaanotettavat ja  
 30 lähetettävät signaalit. Suuntavaimentimet 91 antavat lähe-  
 tyssignaalin lähetysmoduuleilta 93 kullekin ryhmäelemen-  
 tille lähetysmoduulien 93 kautta. Suuntavaimentimet 93  
 antavat kultakin ryhmäelementiltä vastaanotetut signaalit  
 vastaanottomoduuleille 92. Maapääte 90 käsittää myös digi-  
 35 taalisen antennikeilojen muodostimen (DBF) 10, joka käsit-

tää mieluummin lähetyksen digitaalisen antennikeiloiden muodostuspiirin 94, vastaanoton digitaalisen antennikeiloiden muodostuspiirin 98 ja digitaalisen antennikeiloiden muodostusohjaimen 99. Lähetyksen digitaalinen antennikeiloiden muodostuspiiri 94 vastaanottaa DBF-ohjaimelta 99 antennikeiloiden muodostuskertoimet, jotka säätävät lähetettyjen RF-signaalien vaihetta ja amplitudia ryhmäantennin 89 kullakin säteilyelementillä. Vastaanoton digitaalinen antennikeiloiden muodostuspiiri 98 vastaanottaa DBF-ohjaimelta 99 antennikeiloiden muodostuskertoimet ja suorittaa ryhmäantennin 89 ryhmäelementeiltä vastaanotettujen RF-signaalien vaihe- ja amplitudiasetuksen.

Lähetysmoduulit 93 ovat samanlaiset ja suorittavat samanlaiset toiminnot kuin kuvion 1 lähetysmoduulit 46. Vastaanottomoduulit 92 ovat samanlaiset ja suorittavat samanlaiset toiminnot kuin kuvion 1 vastaanotinmoduulit 26. Lähetysmoduulit 93 muuntavat lähetyksen digitaalisesta antennikeiloiden muodostuspiiristä 94 vastaanotetut digitaaliset I- ja Q-signaalit analogisignaaleiksi, kun taas vastaanottomoduulit 92 muuntavat analogisignaalit digitaalisiksi I- ja Q-signaaleiksi ja antavat nämä digitaaliset I- ja Q-signaalit vastaanoton digitaaliseen antennikeiloiden muodostuspiiriin 98. Vastaanoton digitaalinen antennikeiloiden muodostuspiiri 98 antaa digitaaliselle signaaliprosessorille (DSP, digital signal processor) 95 kanavoitettua digitaalisen lähtösignaalin, joka edustaa maapäätteen viestintään käyttämän viestintäkanavan signaalia. Esillä olevan keksinnön eräässä suoritusmuodossa maapääte 90 voi viestiä useilla kanavilla samanaikaisesti. Näin ollen vastaanoton digitaalinen antennikeiloiden muodostuspiiri 98 antaa signaalin kunkin viestintäkanavan osalta DSP:lle 95.

Tässä suoritusmuodossa DSP 95 antaa viestintäkanavan signaalin myös lähetyksen digitaaliselle antennikeiloiden muo-

kertaa 16 sisäänmenoa AD-muuntimilta. I- ja Q-bittien lukumäärä voi olla suurempi tai pienempi kuin 16, ja säteilyelementtien lukumäärä riippuu useista tekijöistä, siirtomarginaali (link margin), signaalikohinasuhde ja antennikeiloiden ominaispiirteet mukaanluettuna. Esimerkiksi tilaajayksikössä ja matkaviestin- tai matkapuhelinsovel-  
 5 luksissa säteilyelementtien lukumäärä voi olla 8 ja muuta-  
 man sadan välillä, kun taas matka- ja maapäätteillä, jotka  
 10 käsittelevät monia erilaisia viestintäkanavia monien eri  
 antennikeiloiden avulla, säteilyelementtien lukumäärä voi  
 olla useista sadoista useisiin tuhansiin. Kuvion 2 vies-  
 tintäpääte voi olla yhteydessä satelliittiin tai toiseen  
 viestintäasemaan tai toiseen tilaajayksikköön tai vies-  
 tintäpäätteeseen digitaalista antennikeiloiden muodostinta  
 15 88 käyttäen.

Digitaalinen antennikeiloiden muodostin 88 käsittää lähe-  
 tyksen digitaalisen antennikeiloiden muodostuspiirin 94,  
 vastaanoton digitaalisen antennikeiloiden muodostuspiirin  
 20 98 sekä digitaalisen antennikeiloiden muodostusohjaimen 99.  
 Digitaalinen antennikeiloiden muodostin 88 suorittaa samat  
 toiminnot ja käsittää samanlaiset laitteistoelementit kuin  
 kuvion 1 digitaalinen antennikeiloiden muodostin 10.

Kuvion 2 tilaajayksikössä tai viestintäpäätteessä 90 to-  
 teutettua digitaalista antennikeiloiden muodostinta 88  
 käyttäen viestintäpääte 90 esillä olevan keksinnön eräässä  
 suoritusmuodossa seuraa häiritseviä signaaleja ja muodos-  
 25 taa antenninsa säteilykuvioon nollakohdan häiritsevän sig-  
 naalin suunnassa. Esimerkiksi jos maa-asema on yhteydessä  
 geostationaarisiiin satelliitteihin, häiritsevä signaali  
 30 voi aiheutua siitä, että matalalla maan kiertoradalla  
 oleva satelliitti liikkuu taivaan poikki. Esillä olevan  
 keksinnön eräässä toisessa suoritusmuodossa pääte 90 seu-  
 35 raa myös muita häiritseviä signaaleja ja muodostaa anten-

nin säteilykuvion nollakohdat näiden häiritsevien signaalien suunnassa. Esillä olevan keksinnön eräässä toisessa suoritusmuodossa viestintäpääte 90 yrittää parantaa tulevien signaalien vastaanottoaan asettamalla vastaanottimensa DBF-kertoimet signaalin laatutekijöiden, kuten esimerkiksi signaalikohinasuhteen tai kantoaallon ja kohinan plus häiriön suhteen parantamiseksi.

Esillä olevan keksinnön eräässä toisessa suoritusmuodossa viestintäpääte 90 vastaanottaa yhteyden laatulukeman viestintäasemalta tai satelliitilta (tai toiselta viestintäpäätteeltä), johon se on yhteydessä. Yhteyden laatulukema (LQI, link quality indicator) muodostaa mieluimmin 3 databittiä ja ilmaisee satelliitin vastaanottimella tai maatu-  
kiaseman vastaanottimella vastaanotetun signaalin laadun. Tämä yhteyden laatulukema annetaan takaisin maapäätteelle tai tilaajayksikölle, joka asettaa sen mukaan dynaamisesti lähetyksensä digitaaliset antennikeiloiden muodostuskertoimet lähettämänsä signaalin laadun parantamiseksi. Tässä suoritusmuodossa DSP 95 evaluoi yhteyden laatulukeman ja käskee DBF-ohjaimen 99 asettaa antennikeiloiden muodostuskertoimet, jotka annetaan lähetyksen digitaaliselle antennikeiloiden muodostuspiirille 94. Yleisesti ottaen tämä aiheuttaa sen, että lähetyksen ja vastaanoton antennikeiloiden ominaispiirteet ovat paremmin optimoidut siinä nimellisessä tilanteessa, jossa tilaajayksikkö tai viestintäpääte kulloinkin on. Tämä tilanne käsittää toisista signaaleista aiheutuvien häiriöiden ominaispiirteet, maaston aiheuttamien häiriöiden ominaispiirteet ja vastaanottavan tukiaseman ja/tai satelliitin vastaanotinantennin erityiset ominaispiirteet.

Esillä olevan keksinnön eräässä toisessa suoritusmuodossa tilaajayksikkö ja/tai viestintäpääte 90 seuraa tukiasemalta ja satelliitilta tulevaa viestintäsignaalia tilaajayk-

sikön tai maapäätteen liikkuessa. Liikkuvat tilaajayksiköt seuraavat esimerkiksi sen maa-aseman tai satelliitin suuntaa, johon ne ovat yhteydessä. Tämä seuranta suoritetaan jollakin useista eri tavoista mukaanluettuna vastaanottosignaalin käyttäminen ja vastaanottosignaalin tulosuuntakulman analysoiminen. Vaihtoehtoisessa tapauksessa tilaajayksikön liikkuessa antennikeilat, mieluummin sekä lähetyksen että vastaanoton antennikeilat, asetetaan siten, että se auttaa parantamaan signaalinlaatua. Tästä aiheutuvat antennin säteilykuviot suunnataan sen mukaisesti viestintäasemaa kohti, kun taas nollakohdat suunnataan mitä tahansa häiritsevää signaalilähdettä kohti. Esillä olevan keksinnön eräässä suoritusmuodossa tilaajayksikkö on sovitettu viestimään satelliittien kanssa ja ei-geostationaarisella radalla kuten esimerkiksi matalalla maan kiertoradalla olevien satelliittien kanssa. Kun satelliitti kulkee yläpuolitse, antennikeilojen ominaispiirteet asetetaan digitaalista antennikeilojen muodostinta 88 käyttäen parannetun tietoliikenteen ylläpitämiseksi matalalla maan kiertoradalla olevan satelliitin kanssa ja sen pitämiseksi mieluummin suunnattuna satelliittia kohden tämän liikkuessa taivaan poikki.

Eräs esimerkki kuvion 2 tilaajayksiköstä ja ryhmäantennista 89 käsittäisi moottoriajoneuvon katolle asennetut ryhmäelementit, jotka on kytketty ajoneuvon sisälle sijoitettuun viestintäpäätteeseen 90. Maapäätteen tapauksessa ryhmäelementit voidaan asentaa talon tai rakennuksen katolle, ja maapääte voi sijaita toisaalla.

Kuvio 3 esittää geostationaarista satelliittia, joka käsittää esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon mukaisen digitaalisen antennikeilojen muodostimen, joka satelliitti käyttää ei-geostationaarisen satelliitin kanssa yhteistä taajuusaluetta. Kuvio 3 esittää tyypillis-

tä taajuusalueen ositusskenaariota, jossa esillä olevaa keksintöä voidaan käyttää. Kuten esitetty, geostationaaris-  
 sen (GSO, geostationary) satelliitin 62 ja ei-geostatio-  
 naarisen (NGSO, non-geostationary) satelliitin 60, NSGO-  
 5 päätteen 68, GSO-maapäätteen 66 ja häiritsevän signaali-  
 lähteen 64 välillä on useita suoria tähtäysviivoja. Koska  
 NSGO-satelliitti 60 ei ole maanpinnan suhteen kiinteä,  
 NSGO-satelliitti voi tulla näköpiiriin eri ajankohtina.  
 Jos kaksi viestintäjärjestelmää käyttävät taajuusalueen  
 10 yhteistä segmenttiä, niin näiden kahden järjestelmän vä-  
 lillä voi esiintyä häiriöitä.

Kun GSO-satelliitti 62 käyttää esillä olevan keksinnön  
 digitaalista antennikeilojen muodostinta, digitaalisen an-  
 15 tennikeilojen muodostimen vastaanotto-osa sovittaa GSO-  
 satelliitin antennikeilat mieluummin siten, että sen pää-  
 keila osoitetaan GSO-maapäätteen 66 suuntaan ja samalla  
 antennin säteilykuvioon muodostetaan nollakohta NSGO-maa-  
 päätteen 68 suunnassa. Tämän johdosta mahdolliset NSGO-  
 20 maapäätteeltä 68 lähtöisin olevat häiriöt pienenevät huo-  
 mattavasti. Toinen nollakohta GSO-satelliitin 62 antennin  
 säteilykuviossa on mieluummin suunnattu NSGO-satelliittia  
 60 kohti ja seuraa tätä. Tämän aikaansaamiseksi DBF:n  
 vastaanoton ja/tai lähetyksen kertoimet asetetaan jatku-  
 25 vasti nollakohdan pysyttämiseksi NSGO-satelliitin 60 suun-  
 nassa NSGO-satelliitin 60 liikkuesssa. Näin ollen näitä  
 nollakohtia säädetään dynaamisesti.

NSGO-päätettä 68 kohti suunnattuun antennin säteilykuvioon  
 30 on sijoitettu nollakohdat. NSGO-pääte 68 lähettää ja vas-  
 taanottaa kunakin kertana tavallisesti vain, kun NSGO-  
 satelliitti on yläpuolella. Näin ollen GSO-satelliitin 62  
 lähetyk- ja vastaanottoantennin säteilykuviossa olevat  
 nollakohdat voidaan kytkeä päälle ja kytkeä pois NSGO-  
 35 päätteen 68 mukaan. Nollakohdan sijoittaminen GSO-satel-

liitin 62 lähetyks- ja vastaanottoantennin säteilykuvioon sallii kahden järjestelmän käyttää yhteisiä taajuusalueita. Esillä olevan keksinnön parhaana pidetyssä suoritusmuodossa lähetyksen ja vastaanoton nollakohdat on asetettu samoihin suuntiin. Suuntainformaatio on mieluimmin kuvion 1 vastaanoton DBF-ohjaimelle 36 ja lähetyksen DBF-ohjaimelle 48 yhteinen.

Eräässä parhaana pidetyssä suoritusmuodossa antennin nollakohdan suuntausohjaus määrätään häiritsevästä signaalista saatua tulokulmainformaatiota käyttäen. GSO-satelliitin 62 DBF tarkkailee näkökenttäänsä etsien mieluimmin kahta signaaliluokkaa, synergistisiä ja ei-synergistisiä. Synergistiset signaalit ovat sellaisia signaaleja, joiden ominaispiirteet ovat tunnetut. Nämä synergistiset häiritsevät signaalit demoduloidaan mieluimmin GSO-satelliitissa 62 kantataajuustasolla, ja tästä johtuen lähetyksen ja vastaanoton digitaaliset antennikeilojen muodostuskertoimet asetetaan tämän häiritsevän signaalin pienentämiseksi ja sen vastaanoton minimoinnin auttamiseksi. Ei-synergististen signaalien, ts. tuntemattomien signaalien tapauksessa näistä signaaleista aiheutuvien häiriöiden lieventämiseksi käytetään perustulosuuntatekniikkaa.

Esillä olevan keksinnön digitaalista antennikeilojen muodostinta voidaan käyttää myös NGSO-satelliitissa 60 ja nollakohdat voidaan muodostaa GSO-päätteen 66 ja häiritsevän signaalilähteen 64 suunnassa.

Esillä olevan keksinnön eräs etu on se, että taajuusalueen yhteiskäyttö paranee, kun geostationaarisia satelliitteja on tiheämmässä. Esimerkiksi kuviossa 1 kuvattua digitaalista antennikeilojen muodostinta käytettäessä geostationaariset satelliitit voidaan sijoittaa vähemmän kuin 2°:n erottamille rataväleille. Esimerkiksi kun viestintä-



pääte on yhteydessä sille osoitettuun geostationaariseen satelliittiin, kukin geostationaarinen satelliitti lähettää yleislähetystenä suuntauskanavainformaation (acquisition channel information). Viestintäpäätteen antenni vastaanottaa tämän informaation kultakin näköpiirissä olevalta satelliitilta. Kun suuntauskanavat (acquisition channels) ovat erotettavissa jollakin tavalla, kuten esimerkiksi taajuuden perusteella, maapääte mieluimmin vastaanottaa jokaisen suuntauskanavan ja määrittää kunkin suuntaussignaalin (acquisition signal) tulosuunnan. Käytettäessä digitaalista antennikeilojen muodostinta geostationaarisen satelliitin maapäätteessä se mieluimmin asettaa lähetys- ja vastaanottoantennikeilansa ominaispiirteet siten, että se suuntaa pääantennikeilansa halutun geostationaarisen satelliitin suuntaan ja samalla suuntaa nollakohdan muiden geostationaaristen satelliittien suuntaan. Tulosuunta voidaan määrittää käyttämällä muun muassa viestintäpäätteen sijaintiin liittyvää informaatiota.

Superresoluutiotekniikat sallivat näiden signaalien avaruudelliseksi erottelutarkkuudeksi noin 1/10 antennikeilan leveydestä. Tällaisen suuren erotustarkkuuden ylläpitämiseksi suuret signaalikohinasuhteen arvot ovat toivottavia. Näin ollen maa-asema, jossa on sopiva määrä ryhmäelementtejä 22 (kuvio 1), saa aikaan hyväksyttävän signaalikohinasuhteen ja sopivat antennikeilan vahvistusominaisuudet.

Esillä olevan keksinnön eräässä toisessa suoritusmuodossa geostatationaarisessa satelliitissa toteutettu digitaalinen antennikeilojen muodostin ylläpitää antennin kohdenusta. GSO-satelliittien paikka kiertoradalla esimerkiksi ajautuu hitaasti. Tarvitaan tyypillisesti satelliitin paikan vakavointia satelliitin pysyttämiseksi oikeassa paikassa. Kun GSO-satelliitti ajautuu, sen antennikeilat

siirtyvät tarkoitetusta kohdennussuunnastaan sivuun, ja satelliittiantennien kohdennussuunnan tarkistamiseksi käytetään erilaisia korjaustekniikoita, jotka perustuvat äänitaajuuksien (frequency tones) lähettämiseen järjestelmän ohjauslaitteistosta. GSO-satelliittien antennijärjestelmät, jotka perustuvat heijastin- tai linssiantenneihin, korjaavat nämä siirtymiset liikuttamalla antennejä tai antennien syöttöjohtoja fysikaalisesti. Tällainen tekniikka edellyttää, että antennikomponentit on asennettu liikkuviin rakenteisiin. Esillä olevan keksinnön digitaalinen antennikeilojen muodostin eliminoi näiden mekaanisten rakenteiden tarpeen. Digitaalinen antennikeilojen muodostin korjaa antennikeilan kohdennussuunnan geostationaarisen satelliitin sijaintipaikan ajautuessa. Tämä korjaus perustuu mieluummin lähetetyn tai vastaanotetun signaalin laatusojen käyttämiseen.

Kuvio 4 esittää satelliittia, joka muodostaa yksittäiset antennikeilat esillä olevan keksinnön mukaista digitaalista antennikeilojen muodostinta käyttäen. Satelliitti 50 voi olla joko geostationaarinen satelliitti tai ei-geostationaarinen satelliitti. Satelliittiin 50 liittyy peittoalue (footprint region), joka on se maantieteellinen alue, jolle satelliitti 50 antaa viestintäpalveluja. Satelliitti 50 voi kattaa peittoalueen 53 yhdellä antennikeilalla peittoalueelta tulevien signaalien osalta, viestintäpalvelujen kysynnän tarkkailu, häiriöiden tarkkailu ja palvelua pyytävien tilaajayksiköiden tarkkailu mukaanluettuna. Satelliitti 50 muodostaa myös useita yksittäisiä antennikeiloja 52 peittoalueellaan 53. Esillä olevan keksinnön mukainen digitaalinen antennikeilojen muodostin on sovittettu muodostamaan nämä antennikeilat. Yksittäiset antennikeilat 52 muodostetaan useilla eri tavoilla, ja ne muodostetaan mieluummin yksittäiselle tilaajayksikölle. Yksityisiä antennikeiloja 52 muodostetaan myös viestintäpalve-

lujen kysynnän mukaan. Yksityiset antennikeilat 52 seuraavat tilaajayksikön liikkumista satelliitin peittoalueen 53 kautta. Nämä on selitetty yksityiskohtaisemmin jäljempänä kuvatuissa proseduureissa.

5

Kuvio 5 esittää antennikeilojen projektioita maanpinnan alueen eräässä osassa esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon mukaista digitaalista antennikeilojen muodostinta käytettäessä. Tässä suoritusmuodossa antennikeiloja muodostetaan viestintäpalvelujen kysynnän mukaan. Kyky mukautua liikennetarpeeseen on hyvin toivottava missä tahansa satelliittijärjestelmässä. Kuvion 1 digitaalinen antennikeilojen muodostin 10 suorittaa antennin säteilykuviossa olevien nollakohtien sijoittamisen sekä suorittaa antennikeilojen muotoilun ja määrää muut antennikeilojen ominaispiirteet, joita muutetaan dynaamisesti näitä digitaalisia antennikeilojen muodostustekniikkoja käyttäen. Esillä olevan keksinnön parhaana pidetyssä suoritusmuodossa digitaalinen antennikeilojen muodostin 10 saa aikaan dynaamisesti uudelleen sovitettavat antennin säteilykuviot, kuten esimerkiksi sellaiset kuin kuviossa 5 on esitetty. Nämä esimerkkinä olevat antennin säteilykuviot perustuvat kulloisiinkin liikennetarvetasoihin. Esimerkiksi antennikeila 74 muodostaa laajan peiton suurelle alueelle, jolla viestintäpalvelujen kysyntä on vähäinen, kun taas antennikeilat 80 ovat pieniä ja muodostavat viestintäkapasiteetin suuren keskittymän sellaiselle alueelle, jolla viestintäpalvelujen kysyntä on suuri.

25

30

35

Eräässä toisessa suoritusmuodossa antennikeiloja muodostetaan viestintäpalvelujen kysynnän mukaan. Antennikeiloja 74 muutetaan ja muokataan esimerkiksi sellaisen maantieteellisen alueen ääriiviivan approksimoimiseksi, jolla viestintäpalvelujen kysyntä on suuri jonkin sellaisen alueen lähialueella, jolla, kuten esimerkiksi valtamerel-

Tehtävässä 102 viestintäasema kuuntelee signaaleja mieluummin satelliitin peittoalueen piirissä. Vastaanoton antennikeilojen ohjainmoduuli 34 sovittaa antennikeilat muodostamaan mieluummin vähintään yhden leveän antennikei-

5 lan, joka kattaa olennaisesti satelliitin koko peittoalueen. Näin ollen signaaleja vastaanotetaan mistä tahansa tämän peittoalueen piirissä tällä yhdellä antennikeilalla. Vastaanotettavat signaalit voivat käsittää signaaleja olemassa olevilta käyttäjiltä, jotka ovat jo yhteydessä

10 satelliittijärjestelmään, häiritseviä signaaleja, esim. signaaleja, häiritsevät signaalit mukaanluettuna, muilta kuin järjestelmän käyttäjiltä sekä järjestelmään pääsyä pyytäviltä järjestelmän käyttäjiltä lähtöisin olevia signaaleja.

15 Tehtävä 104 toteaa, onko signaali lähtöisin olemassa olevalta käyttäjältä. Olemassa olevan käyttäjän sijainti on yleensä tiedossa. Jos vastaanotettu signaali ei ole lähtöisin olemassa olevalta käyttäjältä, tehtävä 106 määrittää tämän signaalilähteen sijainnin. Alan asiantuntijat ovat selvillä siitä, että signaalilähteen maantieteellisen sijainnin määrittämiseksi voidaan käyttää useita erilaisia tapoja. Näihin tapoihin voivat kuulua tulokulman, tulo-

20 ajan, tulotaajuuden jne. analysointi. Vaihtoehtoisesti jos signaalilähde on järjestelmään pääsyä pyytävä käyttäjä, tämä tilaajayksikkö voi antaa maantieteelliset koordinaatit järjestelmään pääsyä koskevassa yhteyspyyntösignaalissaan (system access request signal).

30 Signaalilähteen sijainnin määrittämisen jälkeen tehtävä 110 toteaa, onko signaali häiritsevä signaali. Toisin sanoen tehtävä 110 toteaa, tuleeeko signaalilähde häiritsemään satelliittijärjestelmälle varatun taajuusalueen jotakin osaa tai vaihtoehtoisesti, onko häiritsevä signaali

35 viestintäkanava, joka on parhaillaan käytössä satelliit-

tiin yhteydessä olevalla tilaajayksiköllä. Jos tehtävä 110 on todennut, että signaalilähde ei ole häiritsevä signaali ja että signaalilähde on uutta kanavaa koskeva pyyntö, tehtävä 112 kohdentaa antennikeilan tämän käyttäjän suuntaan. Tehtävä 112 voi käyttää erilaisia turva- ja yhteyspyyntöproseduureja (security and access request procedures), jotka eivät välttämättä ole esillä olevan keksinnön kannalta tärkeitä. Parhaana pidetyssä suoritusmuodossa tehtävä 112 suoritetaan vastaanoton ja lähetyksen DBF-ohjaimien 36 ja 48 avulla, jotka antavat asianmukaisen informaation antennikeilojen ohjausmoduuleille 34 ja 42.

Antennikeilojen ohjausmoduulit 34 ja 42 panevat vastaanoton ja lähetyksen DBF-piirin 32 ja 40 kehittämään yksittäiset vastaanotto- ja lähetysantennikeilat, jotka on suunnattu tässä tilaajayksikön maantieteellisessä sijainnissa olevaan tilaajayksikköön. Tehtävät 114 ja 116 asettavat mieluummin toistuvasti lähetyksen ja vastaanoton DBF-kertoimet tilaajayksiköltä vastaanotetun signaalin paremman laadun aikaansaamisen helpottamiseksi.

Esillä olevan keksinnön eräässä parhaana pidetyssä suoritusmuodossa tilaajayksikkö antaa yhteyden laatulukeman (LQI, link quality indicator), joka ilmaisee vastaanotetun signaalin laadun. Tilaajayksikkö antaa tämän yhteyden laatulukeman satelliitille. Vastaanoton DBF-ohjain 36 ja lähetyksen DBF-ohjain 48 evaluoivat yhteyden laatulukeman pannen lähetyksen antennikeilojen ohjausmoduulin 42 asettamaan DBF-ohjauskertoimet tilaajayksikölle lähetettävän antennikeilan optimoinnin auttamiseksi.

Kun tehtävä 110 on määrittänyt, että signaalilähde on häiritsevä signaali, esimerkiksi muu kuin järjestelmän käyttäjä, tehtävä 118 ja tehtävä 120 laskevat ja asettavat vastaanoton DBF-piirille 32 annettavat vastaanoton DBF-

kertoimet häiritsevistä signaaleista aiheutuvan häiriön pienentämisen tai minimoinnin auttamiseksi. Esillä olevan keksinnön eräässä suoritusmuodossa tehtävä 118 asettaa antennin säteilykuvioon "nollakohdan" häiritsevän signaalin suunnassa. Parhaana pidetyssä suoritusmuodossa tehtäviä 118 ja 120 toistetaan, kunnes häiriö on ennalta määrättyä tasoa pienempi. Tehtävässä 122 häiritsevää signaalia tarkkaillaan ja seurataan jatkuvasti joko satelliitin liikkeessä tai häiritsevän signaalin liikkeessä.

10

Kun tehtävä 104 on todennut, että signaalilähde on olemassa oleva käyttäjä, tehtävä 124 ratkaisee, milloin kanavanvaihto on tarpeen. Esillä olevan keksinnön joissakin suoritusmuodoissa tilaajayksikkö pyytää kanavanvaihtoja, kun taas esillä olevan keksinnön toisissa suoritusmuodoissa järjestelmä ratkaisee, milloin kanavanvaihto on välttämätön. Kanavanvaihdot määrätään mieluummin signaalinlaadun perusteella. Yleensä kanavanvaihtoa pyydetään, jos käyttäjä on lähellä antennin säteilykuvion peittoalueen tai rajoitusvyöhykkeen (exclusion zone) reunaa.

15

20

Esillä olevan keksinnön eräässä parhaana pidetyssä suoritusmuodossa antennikeilat muodostetaan kullekin tilaajayksikölle erikseen, ja yksityinen antennikeila seuraa tilaajayksikön sijaintia. Näin ollen kanavanvaihtoja tapahtuu vain satelliittien välillä, ja ne ovat välttämättömiä satelliitin peittoalueen reunalla. Jos kanavanvaihto on välttämätön, suoritetaan tehtävä 112, joka kohdentaa käyttäjälle uuden antennikeilan toiselta satelliitilta. Jos kanavanvaihto ei ole tarpeen, suoritetaan tehtävä 128. Tehtävässä 128 kaistan sisäpuolisia häiriöitä tarkkaillaan yhdessä vastaanotetun tehotason ja yhteyden laadun vertauslukujen (quality metrics) kanssa.

25

30

- Tehtävässä 132 vastaanoton ja lähetyksen DBF-kertoimien asetus auttaa parannetun tai maksimaalisen signaalinlaadun ylläpitämistä, kaistan sisäpuolisen häiriön pienentämistä tai minimointia ja vastaanotetun tehotason maksimointia.
- 5 Tämän "seurantamoodin" ("tracking mode") aikana ilmenevät häiriösignaalit 130 voivat aiheuttaa signaalinlaadun huononemisen. Tämän johdosta tehtävä 132 asettaa DBF-kertoimet uudelleen dynaamisesti, mikä auttaa signaalinlaadun ylläpitoa. Esillä olevan keksinnön eräässä suoritusmuo-
- 10 dossa viestintäpääätteet tai tilaajayksiköt antavat yhteyden laatulukemat 131. Näin ollen tehtävien 128 - 132 yhdistelmä suorittaa tilaajayksikön seurannan tilaajayksikön ja satelliitin keskinäisen sijainnin muuttuessa. Tehtävä 134 ratkaisee, milloin kanavanvaihto on tarpeen. Jos kana-
- 15 vanvaihtoa ei tarvita, tilaajayksikkö pysyy seurantatilassa. Jos kanavanvaihto on tarpeen, tehtävä 136 suorittaa kanavanvaihdon seuraavalle satelliitille. Esillä olevan keksinnön eräässä suoritusmuodossa seuraavalle satelliitille ilmoitetaan, että kanavanvaihto on tarpeen, ja sille
- 20 annetaan tilaajayksikön maantieteellinen sijainti. Näin ollen seuraava satelliitti voi kohdentaa ja kehittää antennikeilan erityisesti tätä tilaajayksikköä varten ennen tilaajayksikön vapauttamista sen kulloiseltakin satelliitilta. Sen jälkeen kun tilaajayksikkö on vaihdettu seura-
- 25 valle satelliitille, tehtävä 138 lisää käytettävissä olevan antennikeilan varalla oleviin resursseihinsa, mikä sallii tämän antennikeilan olevan käytettävissä toisen tilaajayksikön suuntaan kohdennettavaksi.
- 30 Kuvio 8 vuokaavio, joka kuvaa proseduuria antennikeilojen muodostamiseksi maantieteellisille alueille viestintäpalvelujen kysynnän mukaan. Proseduurin 200, vaikka se on esitetty ylhäältä alas kulkevana sekventiaalisena vuona, on tarkoitettu kuvaavan kuvion 1 digitaalisen antennikei-
- 35 lojen muodostimen 10 suorittamia vaiheita. Monet esitetyt

tehtävät ja vaiheet suoritetaan mieluimmin rinnakkain, ja proseduuri 200 suoritetaan mieluimmin monien tilaajayksiköiden osalta samanaikaisesti. Alan asiantuntijat pystyvät kirjoittamaan vastaanoton DBF-ohjaimelle 36 ja lähetyksen DBF-ohjaimelle 48 ohjelmiston proseduurin 200 tehtävien suorittamiseksi. Vastaanoton ja lähetyksen DBF-ohjaimet 36 ja 48 suorittavat proseduurin 200 tehtäviä mieluimmin jatkuvasti. Vaikka proseduuri 200 on selitetty satelliitin ja maassa sijaitsevan tilaajayksikön välisen tietoliikenteen tapauksessa, niin proseduuri 200 on sovellettavissa mihin tahansa viestintäasemaan linkkiasemat ja viestintäpäätteet mukaanluettuna.

Tehtävässä 202 viestintäpalvelujen kysyntää tarkkaillaan satelliitin peittoalueen piirissä. Parhaana pidetyssä suoritussuodossa yhtä antennikeilaa käytetään kysynnän tarkkailuun koko peittoalueella. Tehtävässä 204 määritetään suuren kysynnän ja vähäisen kysynnän maantieteelliset alueet. Tehtävä 204 voidaan suorittaa monilla eri tavoilla. Esimerkiksi kuhunkin tilaajayksikköön, joka on yhteydessä järjestelmään, liittyy maantieteellinen sijainti. Lisäksi kukin tilaajayksikkö, joka pyytää pääsyä järjestelmään, voi antaa järjestelmälle maantieteelliset sijaintitiedot. Sen jälkeen kun suuren kysynnän ja vähäisen kysynnän maantieteellinen sijainti on määritetty, tehtävä 206 panee DBF:n antennikeilojen ohjausmoduulit muodostamaan vähemmän antennikeiloja vähäisen kysynnän alueille ja muodostamaan enemmän antennikeiloja suuren kysynnän alueille. Esillä olevan keksinnön eräessä suoritussuodossa kukin antennikeila saa aikaan rajoitetun määrän viestintäkapasiteettia.

Kuvion 5 mukaan vähäisemmän kysynnän alueille muodostetaan antennikeiloja, joiden peittoalue on paljon suurempi kuin suuren kysynnän alueille muodostettavien antennikeilojen. Esimerkiksi kuvion 5 antennikeila 74 kattaa suuren maan-



5 tieteellisen alueen, jolla viestintäpalvelujen kysyntä parhaillaan on vähäinen. Vaihtoehtoisesti antennikeiloilla 80 on paljon pienemmät maantieteelliset peittoalueet, ja ne antavat enemmän viestintäkapasiteettia sellaiselle  
 10 alueelle, jolla viestintäpalvelujen kysyntä parhaillaan on suuri. Esillä olevan keksinnön eräässä toisessa suoritusmuodossa tehtävät 206 ja 208 asettavat antennikeilojen muodon viestintäpalvelujen kysynnän perusteella. Esimerkiksi kuvion 5 mukaan antennikeilat 74 ovat pitkiä, kapeita keiloja, jotka on muodostettu viestintäpalvelujen pa-  
 15 remman aluepeiton aikaansaamiseksi. Esimerkiksi rannikkoalueille muodostetaan kapeita keiloja viestintäkapasiteetin pienentämiseksi valtameren päällä, missä tarvitaan merkittävästi vähemmän viestintäkapasiteettia. Tässä suoritusmuodossa antennikeiloja 74 muokataan mieluummin dynaamisesti viestintäpalvelujen kysynnän mukaan.

20 Viestintäpalvelujen kysynnän muuttuessa antennikeiloja 70 muodostetaan dynaamisesti sen mukaan. Esimerkiksi kuvio 5 esittää Yhdysvaltain viestintäpalvelujen mantereellista kuvaa. Päivän alkaessa antennikeiloja muodostetaan aluksi pitkin Yhdysvaltain itärannikkoa. Päivän edetessä antennikeilat kelloajan muuttuessa siirtyvät maan poikki viestintäpalvelujen kysynnän mukaan. Luonnononnettomuuden tapauk-  
 25 sessa, jolloin viestintäpalvelujen kysyntä saattaa olla erityisen suuri, voidaan muodostaa tiettyyn käyttöön osoitettuja antennikeiloja. Satelliittien valvontalaitteisto voi käskää satelliitin digitaalisen antennikeilojen muodostimen 10 varaamaan antennikeiloja sen mukaisesti. An-  
 30 tennikeiloja 70 muodostetaan yleensä mieluummin viestintäpalvelujen muuttuvan kysynnän mukaan ilman operaattorien apua.

35 Kuvio 9 esittää esillä olevan keksinnön erään suoritusmuodon mukaisen digitaalisen antennikeilojen muodostimen

lohkokaaviota. Antennikeilojen muodostin käsittää useita laskentayksiköitä (CU, computing unit) 160 - 176 ja useita summausproessoreita 180 - 184. Laskentayksiköt 160 - 176 muodostavat suoritinmatriisin. Kukin pystyrivi suoritin-

5 matriisissa vastaanottaa vastaavan digitaalisignaalin. Digitaalisignaalin vastaanotettuaan kukin laskentayksikkö painottaa signaalin itsenäisesti painotetun signaalin kehittämiseksi. Summausprosessorit 180 - 184 muodostavat välineet asiaomaisen vaakarivin kehittämien painotettujen

10 signaalien kehittämiseksi ulostulojen tuottamiseksi. Olen-naista on, että kukin lähtösignaali edustaa painotettua summaa. Digitaalisen antennikeilojen muodostimen arkkitehtuuri soveltuu diskreettien Fourier-muunnosten nopeaan rinnakkaislaskentaan.

15

Kuvio 10 esittää lohkokaaaviota, joka edustaa kuvion 9 digitaalisessa antennikeilojen muodostimessa käyttökelpoisen laskentayksikön ensimmäistä suoritusmuotoa. Laskentayksikkö käsittää kertojan 190 ja muistiyksikön 192. Laskentayksikkö painottaa tulevan digitaalisignaalin kertomalla sen ennalta lasketulla, muistipiiriin 192 tallennetulla painoarvolla. Kertojan 190 ulostulo edustaa painotettua signaalia.

20

25

30

Muistipiiri 192 voi käsittää mitkä tahansa välineet arvojen tallentamiseksi, joiden välineiden sisältö on digitaalisten antennikeilojen ohjausmoduulien 34, 42 (kuvio 1) päivitettävissä, kuten esimerkiksi ROMin (read only memory; lukumuisti), EEPROMin (electrically erasable programmable read only memory; sähköisesti tyhjennettävä ohjelmoitava lukumuisti), DRAMin (dynamic random access memory; dynaaminen luku-kirjoitusmuisti) tai SRAMin (static random access memory; staattinen luku-kirjoitusmuisti).

Kuvio 11 esittää lohkokaaviota, joka edustaa kuvion 9 digitaalisessa antennikeilojen muodostimessa käyttökelpoisen laskentayksikön toista suoritusmuotoa. Tässä laskentayksikön suoritusmuodossa tuleva signaali painotetaan logarit-

5 miseen lukujärjestelmään (LNS, logarithmic number system) perustuvaa aritmetiikkaa käyttäen. LNS:ään perustuva aritmetiikka antaa sen edun, että kertolaskuoperaatiot voidaan suorittaa summainilla kertojien asemesta. Digitaaliset

10 summainpiirit ovat yleensä paljon pienempiä kuin niihin verrattavat kertojapiirit, joten antennikeilojen muodostussuorittimien matriisin kokoa voidaan pienentää käyttämällä siinä LNS:ään perustuvia laskentayksiköitä.

LNS:ään perustuva laskentayksikkö käsittää logaritmimuuntimen (log converter) 210, summainen 212, muistipiirin 214

15 ja käänteislogaritmimuuntimen ( $\log^{-1}$  converter) 216. Logaritmimuunnin 210 muuntaa tulevan signaalin ensin sitä vastaavaksi logaritmisignaali. Sen jälkeen summain 212 summaa logaritmisignaalin ja muistipiiristä 214 luetun

20 logaritmisuorituksen painoarvon summan muodostamiseksi. Käänteislogaritmimuunnin 216 muuntaa summan sen jälkeen painotetuksi signaali.

Logaritmimuunnin 210 ja käänteislogaritmimuunnin 216 voidaan toteuttaa käyttäen mitä tahansa niistä muuntimista,

25 jotka on selitetty edellä mainittuihin liittyviin patenttihakemuksiin numerot 1-4 kuuluvassa rinnakkaisessa US-patenttihakemuksessa.

Kuvio 12 esittää lohkokaaviota, joka edustaa kuvion 9 digitaalisessa antennikeilojen muodostimessa käyttökelpoisen laskentayksikön kolmatta suoritusmuotoa. Tämä laskentayksikön suoritusmuoto on tarkoitettu painottamaan kompleksisignaaleja. Monissa sovelluksissa digitaalisten kompleksisignaalien I- ja Q-komponentit esitetään kahden 3-bitti-

35

sen sanan avulla. Vaikka kuvion 12 laskentayksikkö ei ole rajoittunut pieniin sananpituuksiin, se antaa etua tällaisissa sovelluksissa, koska se tarvitsee vähemmän tehoa ja tilaa, jos se on toteutettu integroitua piiriä käyttäen.

5

Laskentayksikkö käsittää ensimmäisen kytkimen 220, ensimmäisen muistipiirin 222, toisen kytkimen 224, toisen muistipiirin 226, vähentimen 228 ja summainen 221. Ensimmäinen muistipiiri 222 tallentaa ensimmäiset ennalta lasketut, imaginaariseen painoon perustuvat arvot. Toinen muistipiiri 226 tallentaa toiset ennalta lasketut, reaaliseseen painoon perustuvat arvot. Laskentayksikön tarkoituksena on kertoa nämä kaksi kompleksilukua. Ensimmäinen muisti 22 tallentaa ennalta lasketut arvot  $I$  ja  $Q$  imaginaarisen painon tapauksessa, kun taas toinen muisti 226 tallentaa ennalta lasketut arvot  $I$  ja  $Q$  reaalisen painon tapauksessa. Alan asiantuntijalle on ilmeistä, että käytettäessä 3-bittisiä sanoja kompleksikertoimien ja painojen esittämiseen, kompleksikomponentit ja painot edellyttäisivät kunkin muistin tallentavan kahdeksan 6-bittistä sanaa.

10

15

20

25

30

35

Ensimmäinen kytkin 220 muodostaa välineet ensimmäisen muistipiirin osoittamiseksi joko  $I$ - tai  $Q$ -komponenttia käyttäen yhden ensimmäisistä ennalta lasketuista arvoista valitsemiseksi ensimmäisen muistipiirin ulostuloksi. Toinen kytkin 224 muodostaa välineet toisen muistipiirin 226 osoittamiseksi joko  $I$ - tai  $Q$ -komponenttia käyttäen yhden toisista ennalta lasketuista arvoista valitsemiseksi toisen muistipiirin ulostuloksi.

Vähennin 228 vähentää ensimmäisen muistin ulostulon toisen muistin ulostulosta painotetun samavaihekomponentin kehittämiseksi, joka sen jälkeen sisällytetään painotettuun signaaliin. Summain 221 summaa ensimmäisen muistin ulostulon ja toisen muistin ulostulon painotetun  $90^\circ$  vaihe-

erokomponentin kehittämiseksi, joka myös sisällytetään painotettuun signaaliin.

5 Eräässä laskentayksikön suoritusmuodossa vähennin 228 käsittää summainen, joka pystyy summaamaan kahdenkomplementtilukuja. Ennalta lasketut arvot tallennetaan muistiin joko kahdenkomplementtiarvoina tai laskentayksikköön on sijoitettu lisälogiikka mainittujen ennalta laskettujen arvojen muuntamiseksi niitä vastaaviksi kahdenkomplementtiarvoiksi.

15 Vähennin 228 käsittää mieluummin summainen, jonka siirtobittisisäänmeno (carry input) on asetettu ykköseksi, sekä kääntimet toisen muistin ulostulon yhdenkomplementtiarvojen muodostamiseksi. Summain käyttää todellisuudessa toisen muistin ulostulon kahdenkomplementtiarvoja summaamalla siirtobittisisäänmenon ja yhdenkomplementtiarvon.

20 Kuvio 13 esittää lohkokaaaviota, joka edustaa kuvion 9 digitaalisessa antennikeilojen muodostimessa käyttökelpoisen summausproessorin ensimmäistä suoritusmuotoa. Tämä summausproessorin erityinen suoritusmuoto käsittää summainpuun 230. Summainpuu 230 käsittää summaimet, jotka on kytketty toisiinsa sellaisella tavalla, joka sallii kolmen tai useamman tulosignaalin summaamisen samanaikaisesti.

25 Kuviossa 13 esitettyä summainpuutopologiaa käytettäessä N sisäänmenon summaamiseksi tarvitaan N-1 summainia. Mitä tulee kuviossa 13 esitettyyn esimerkkiin, kahdeksan tulosignaalia voidaan vastaanottaa samanaikaisesti, joten summainpuussa 230 tarvitaan seitsemän summainia. Jos halutaan summata suurempi määrä tulosignaaleja, tarvitaan enemmän summaimia. Esimerkiksi 128 tulosignaalin summaamiseksi summainpuu vaatisi 127 summainia. Summainpuulla 230 on se etu, että se aiheuttaa pienemmän viiveen lähtösummien muodostamisessa.

35

Kuvio 15 esittää esillä olevan keksinnön toisen suoritusmuodon mukaisen digitaalisen antennikeilojen muodostimen lohkokaaviota. Tämä antennikeilojen muodostimen suoritusmuoto käsittää logaritmimuuntimen 270, useita laskentayksiköitä 272-288, käänteislogaritmimuuntimen 290 ja useita summausprosessoreja 292-296. Laskentayksiköt 272-288 muodostavat suoritinmatriisin. Logaritmimuunnin 270 muuntaa tulevat digitaalisignaalit ensin logaritmisignaaleiksi. Kukin pystyrivi suoritinmatriisissa vastaanottaa vastaavan logaritmisignaalin. Vastaanotettuaan logaritmisignaalin kukin laskentayksikkö painottaa signaalin itsenäisesti summasignaalin kehittämiseksi. Käänteislogaritmimuunnin 290 muuntaa summasignaalit sen jälkeen painotetuiksi signaaleiksi. Kunkin suoritinvaakarivin tapauksessa yksi summausprosessoreista 292-296 summaa vastaavat painotetut signaalit lähtösignaalin kehittämiseksi.

Logaritmimuunnin 270 ja käänteislogaritmimuunnin 290 voidaan toteuttaa mitä tahansa edellä mainituissa rinnakkaisissa US-patenttihakemuksissa selitettyjä muuntimia käyttäen. Vaikka ratkaisu on selitetty I- ja Q-alueissa, niin samanlaiset tekniikat ovat yhtä hyvin sovellettavissa polariseen alueeseen.

Edellä esitetty erityisten suoritusmuotojen selitys paljastaa täydellisesti tämän keksinnön yleisen luonteen siten, että muut voivat nykyistä tietämystä käyttäen helposti muuttaa, muuntaa ja/tai sovittaa tällaiset erityiset suoritusmuodot eri sovelluksiin keksinnön yleisestä ajatuksesta poikkeamatta, ja siksi tällaisten sovitusten, muutosten ja muunnosten tulisi katsoa kuuluvan ja on tarkoitettu kuuluvan esitettyjen suoritusmuotojen vastaavuuk-sien piiriin.

Ymmärrettävää on, että tässä sanamuotoja ja terminologiaa on käytetty selitystarkoituksessa eikä rajoittavassa mielessä. Näin ollen tämän keksinnön on tarkoitettu käsittävän kaikki sellaiset vaihtoehdot, muutokset, muunnokset, 5 ekvivalenssit ja muunnelmat, jotka ovat oheisten patenttivaatimusten hengen mukaisia ja sen laajassa suojapiirissä.

## Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä viestimiseen tilaajayksikön kanssa käyttäen ryhmäantennia (20), joka käsittää digitaalisen antennikeiloiden muodostimen (DBF, digital beam former) (10) ja joka käsittää useita säteilyelementtejä (22) ohjattavien antennikeiloiden muodostamiseksi antennin peittoalueella, missä mainittu DBF muodostaa jokaista säteilyelementtiä varten kertoimet mainittujen ohjattavien antennikeiloiden ominaispiirteiden säätämiseksi, t u n n e t t u seuraavista vaiheista:

vastaanotetaan viestintäsignaalit mainitulta viestintäasemalta yhden mainituista ohjattavista antennikeiloista puitteissa; ja

asetetaan mainitut kertoimet vastaanotettujen viestintäsignaalien signaalinlaadun parantamiseksi.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että:

viestintäsignaalien vastaanottovaihe käsittää lisäksi vaiheen, jossa kunkin mainituista säteilyelementeistä vastaanottamat mainitut viestintäsignaalit muunnetaan digitaalisiksi I- ja Q-signaaleiksi; ja

käytetään mainittuja kertoimia kunkin mainituista digitaalisista I- ja Q-signaaleista muuntamiseksi antennikeiloiden digitaalisignaaleiksi, missä kukin antennikeilan digitaalisignaali edustaa yhtä ohjattavaa antennikeilaa.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että se käsittää lisäksi seuraavat vaiheet:



ennen viestintäsignaalien vastaanottovaihetta vaiheen, jossa vastaanotetaan mainitun viestintäaseman tekemä pyyntö viestintäkanavan saamiseksi;

- 5 pyynnön johdosta määritetään mainitun viestintäaseman suunta; ja

10 muodostetaan mainittu yksi ohjattava antennikeila mainitun viestintäaseman mainitussa suunnassa kehittämällä mainitut kertoimet.

- 15 4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, t u n - n e t t u siitä, että suunnanmäärittäsvaihe käsittää vaiheen, jossa määritetään signaalien tulosuunta mainitulta viestintäasemalta.

- 20 5. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n - n e t t u siitä, että se käsittää lisäksi vaiheet, joissa mainitut kertoimet asetetaan leveän antennikeilan muodostamiseksi signaalien vastaanottamiseksi olennaisesti mainitun antennin koko peittoalueelta sekä kapeamman antennikeilan muodostamiseksi signaalien vastaanottamiseksi mainitun antennin peittoalueen tietyltä osalta; ja että

- 25 vaihe, jossa mainittu pyyntö vastaanotetaan, käsittää lisäksi vaiheen, jossa viestintäsignaalit vastaanotetaan mainitun kapeamman antennikeilan puitteissa.

- 30 6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, t u n - n e t t u siitä, että mainittu ryhmäantenni on sovitettu satelliittiin sijoitetuksi ja että mainittu menetelmä käsittää lisäksi seuraavat vaiheet:

- 35 seurataan mainitun viestintäaseman mainittua suuntaa vastaanottamalla mainitut viestintäsignaalit ja asettamalla

mainitut kertoimet uudelleen mainittujen vastaanotettujen viestintäsignaalien signaalinlaadun pysyttämiseksi ennallaan; ja

- 5 asettamalla mainitut kertoimet uudelleen satelliitin ja mainitun viestintäaseman keskinäisen sijainnin muuttuessa.

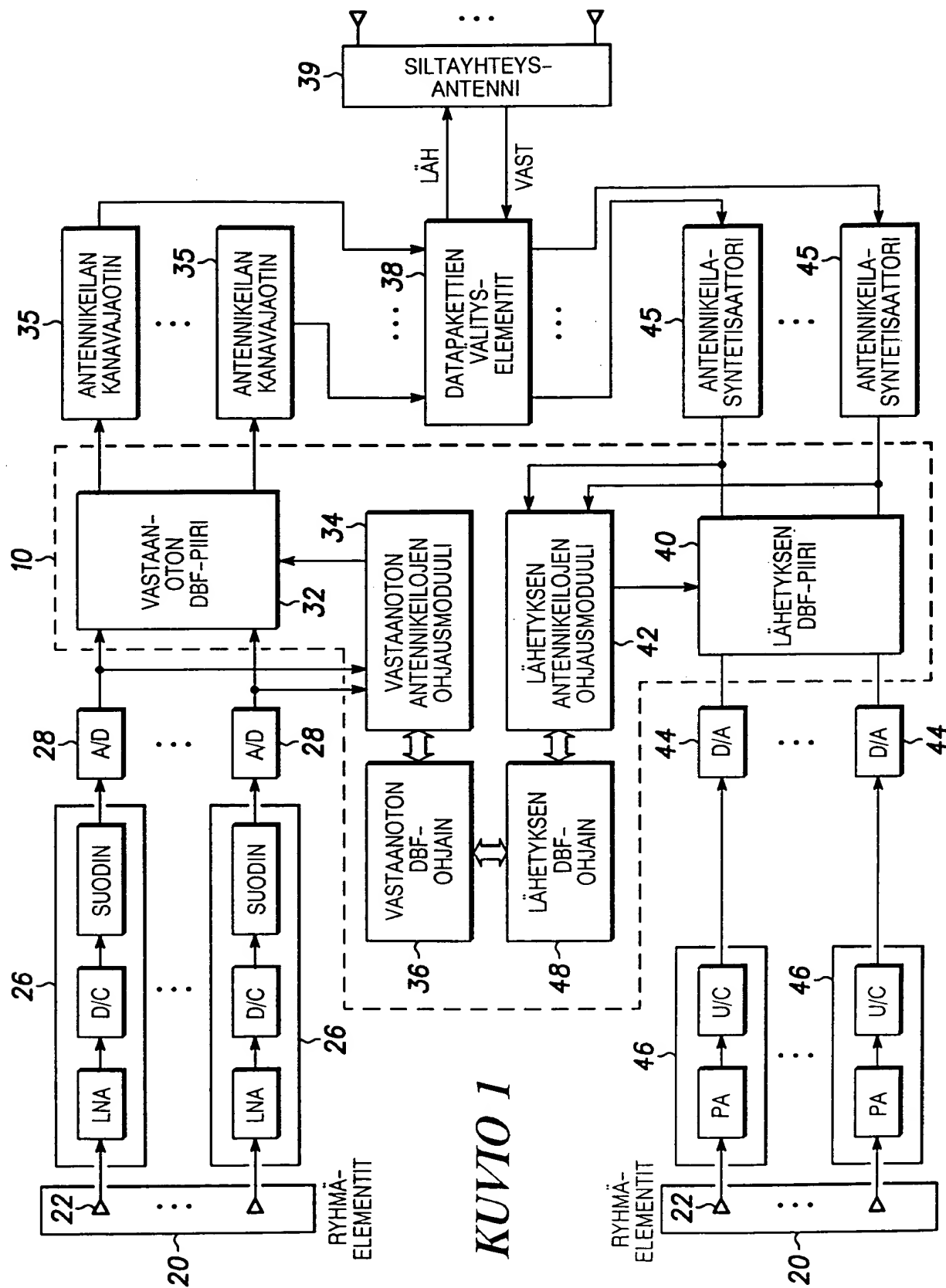
7. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että se käsittää lisäksi seuraavat vaiheet:  
10

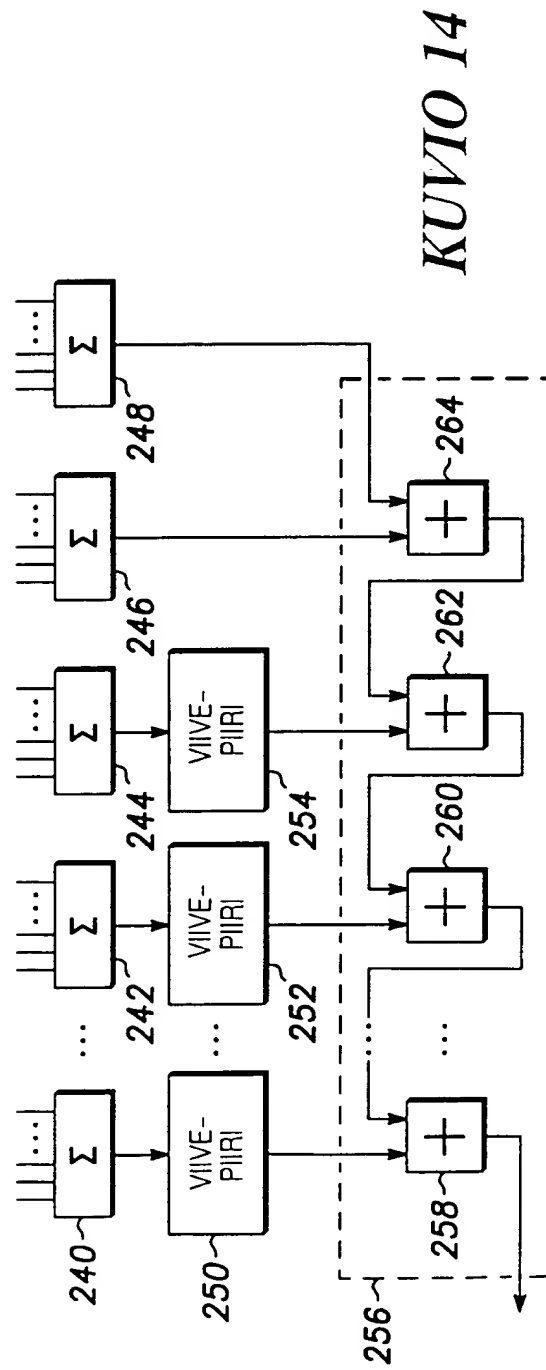
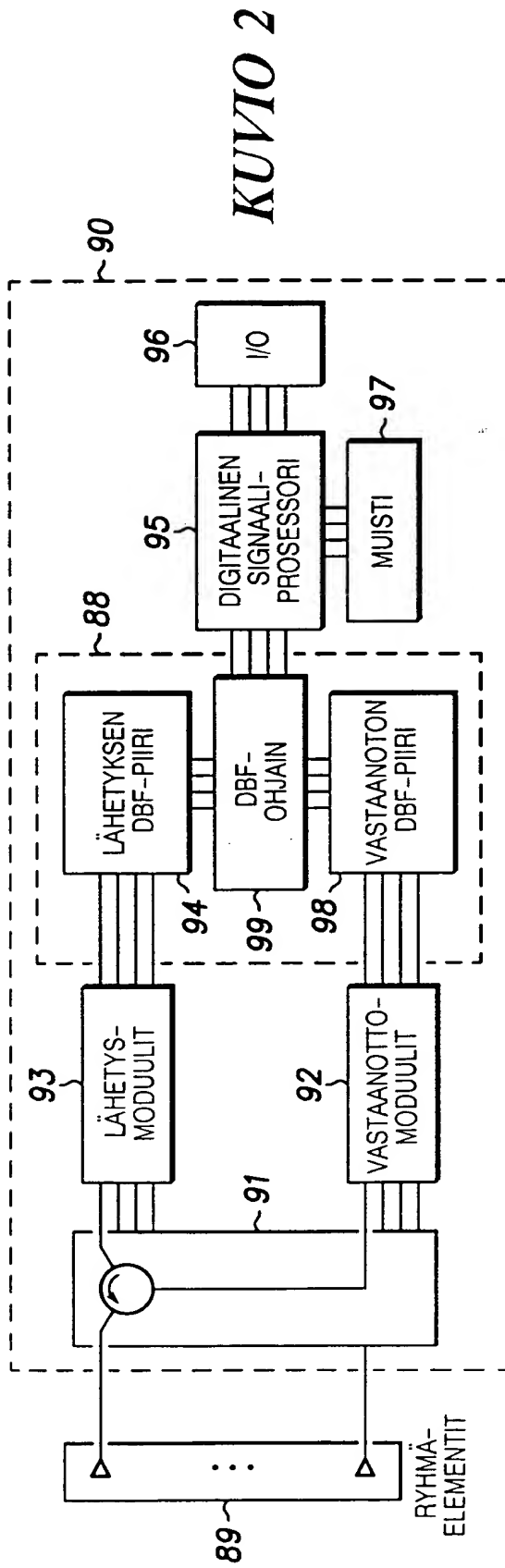
lähetetään viestintäsignaalit mainitulle viestintäasemalle;

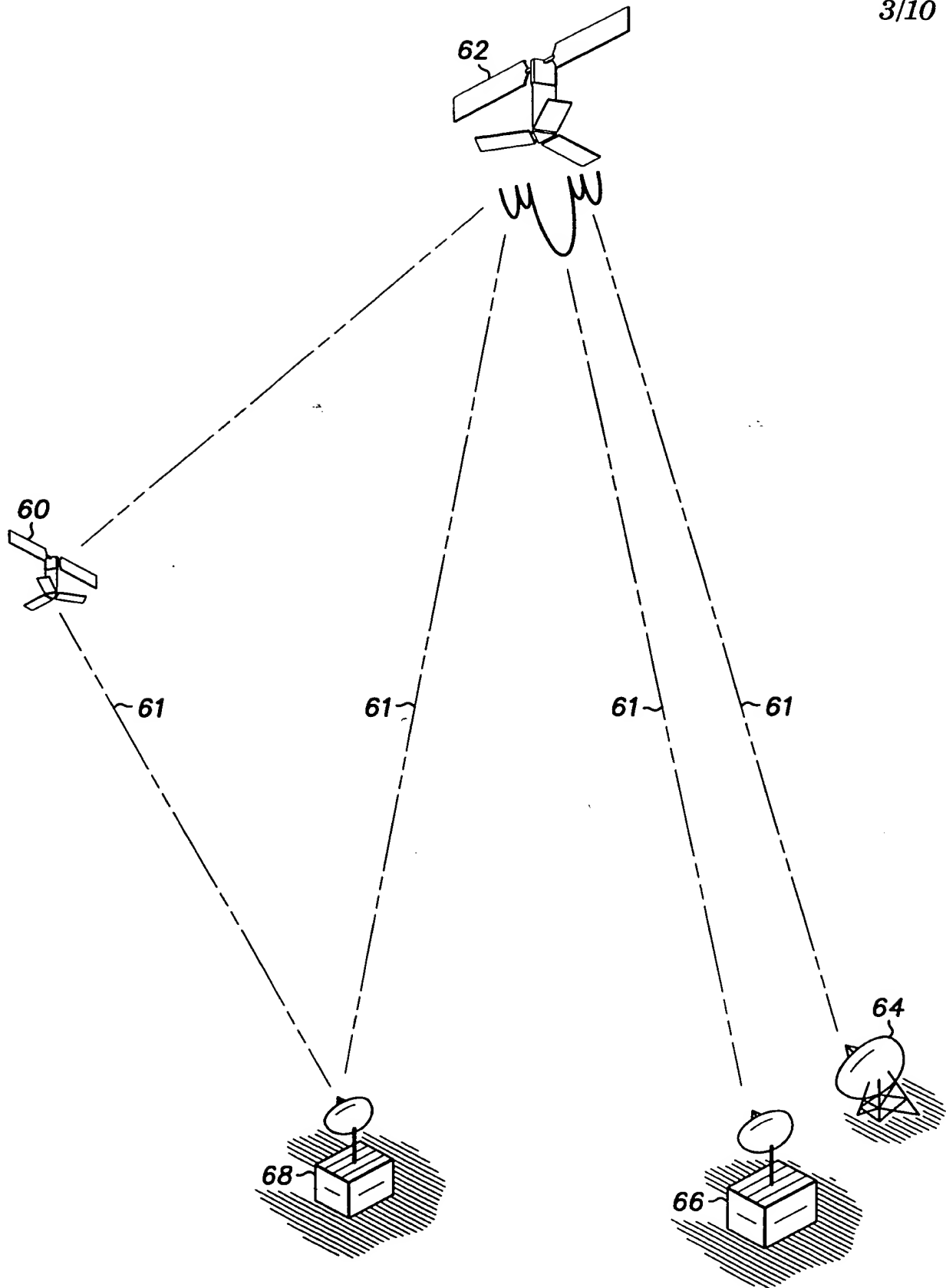
- 15 vastaanotetaan mainitulta viestintäasemalta yhteyden laatu-  
tulukema (LQI, link quality indicator), joka ilmaisee mainitun viestintäaseman vastaanottamien mainittujen lähetyt-  
ettyjen viestintäsignaalien signaalinlaadun; ja

- 20 asetetaan mainitut kertoimet mainitun LQI:n perusteella myöhemmin lähetettävien viestintäsignaalien signaalinlaadun parantamiseksi.

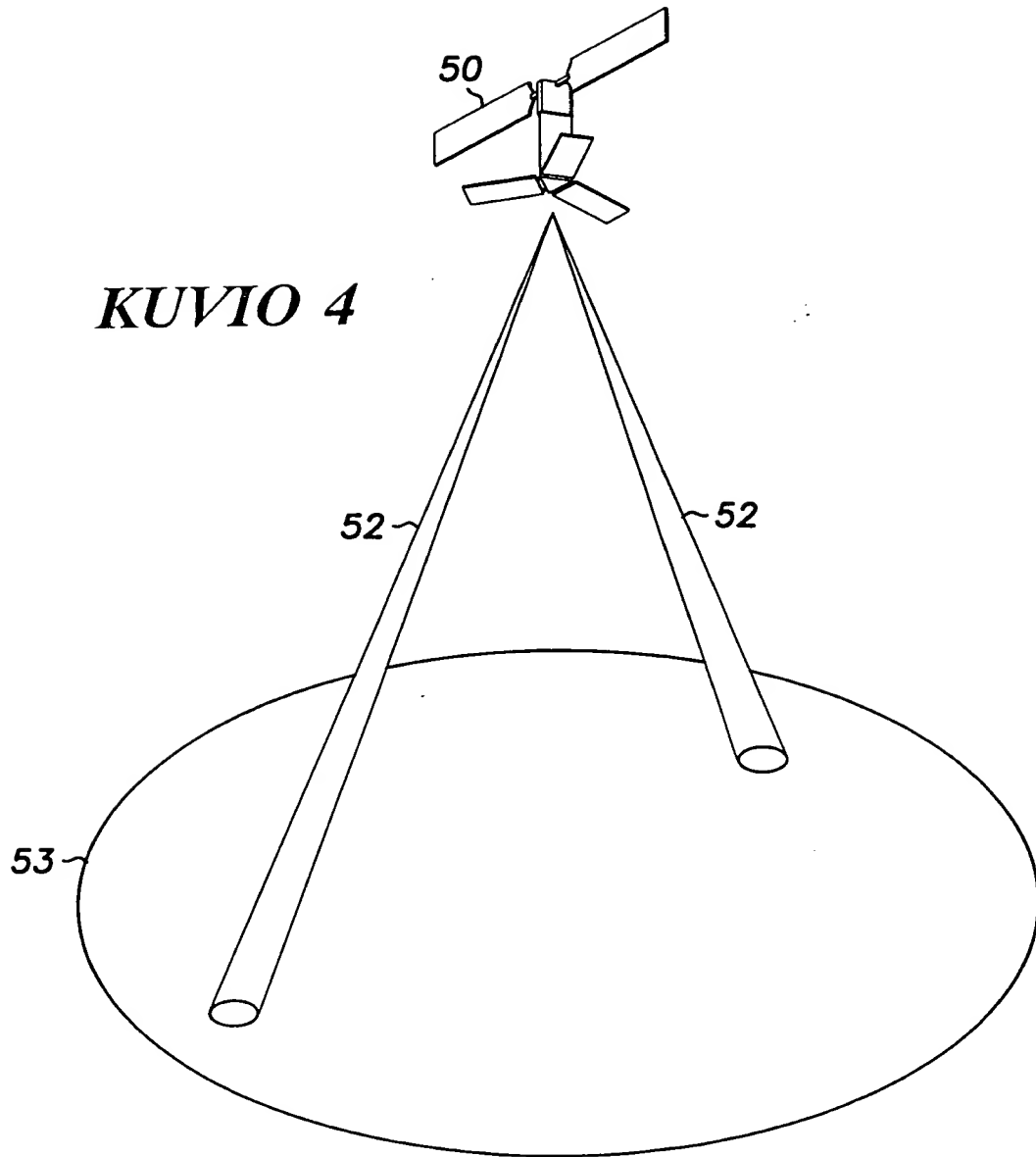
8. Menetelmä viestimiseen tilaajayksikön kanssa käyttäen ryhmäantennia (20), joka on sovitettu käytettäväksi yhdessä digitaalisen antennikeilojen muodostimen (DBF, digital beam former) (10) kanssa ja joka käsittää useita säteilyelementtejä (22) useiden ohjattavien antennikeilojen muodostamiseksi antennin peittoalueelle maanpinnalle,  
25 missä mainittu DBF muodostaa jokaista säteilyelementtiä (22) varten kertoimet mainittujen ohjattavien antennikeilojen ominaispiirteiden säätämiseksi, t u n n e t t u seuraavista vaiheista:  
30

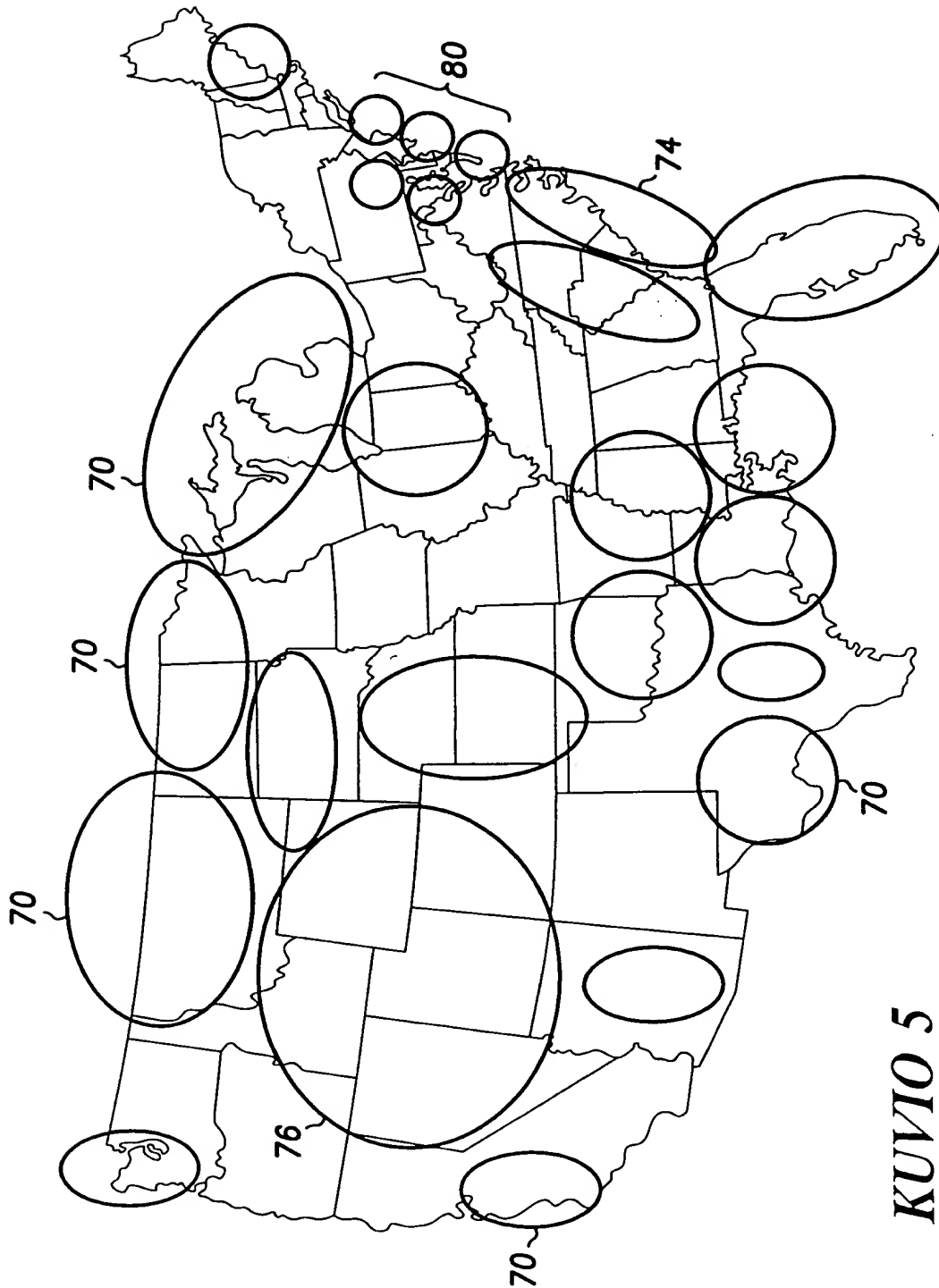




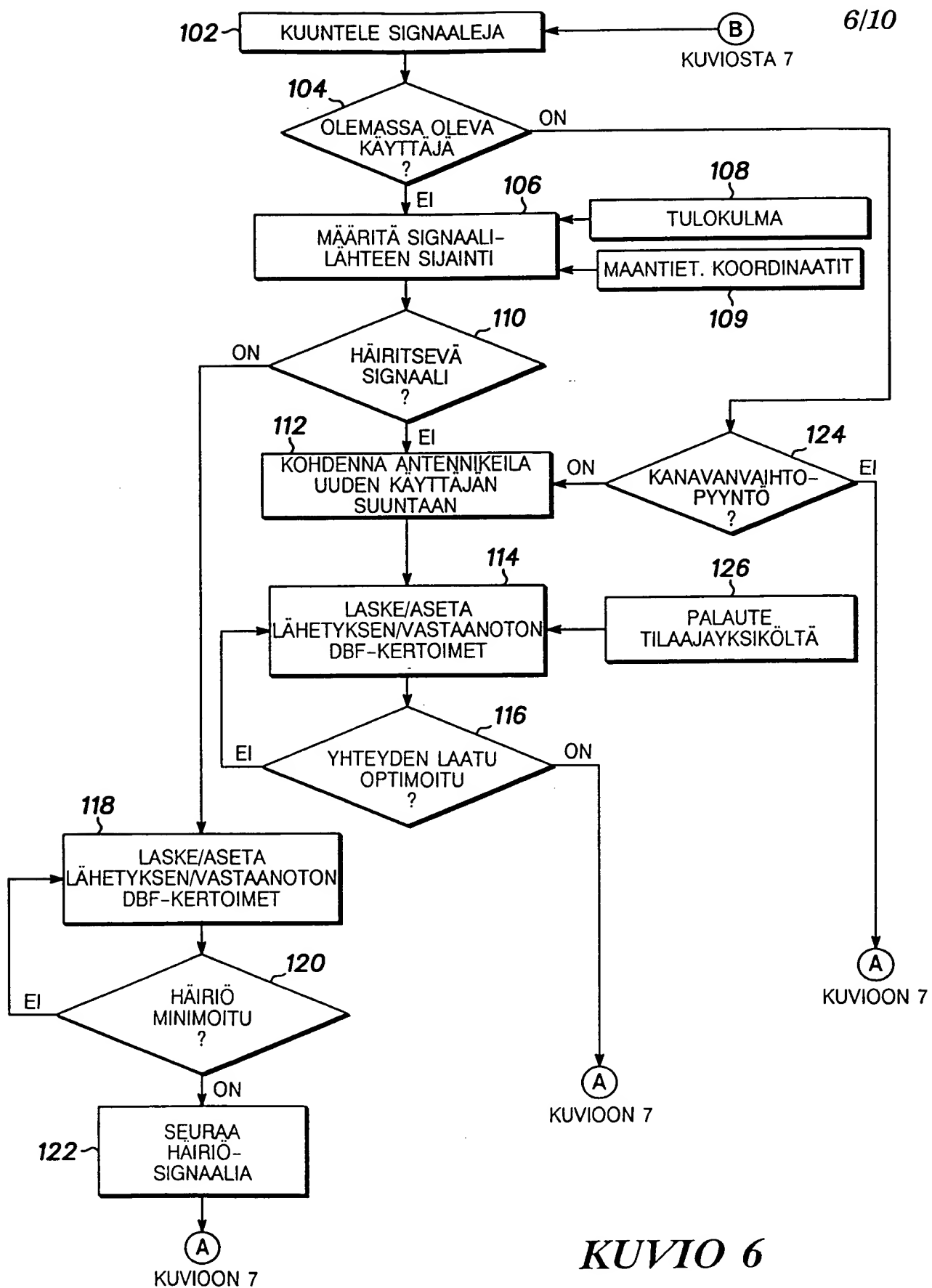


**KUVIO 3**

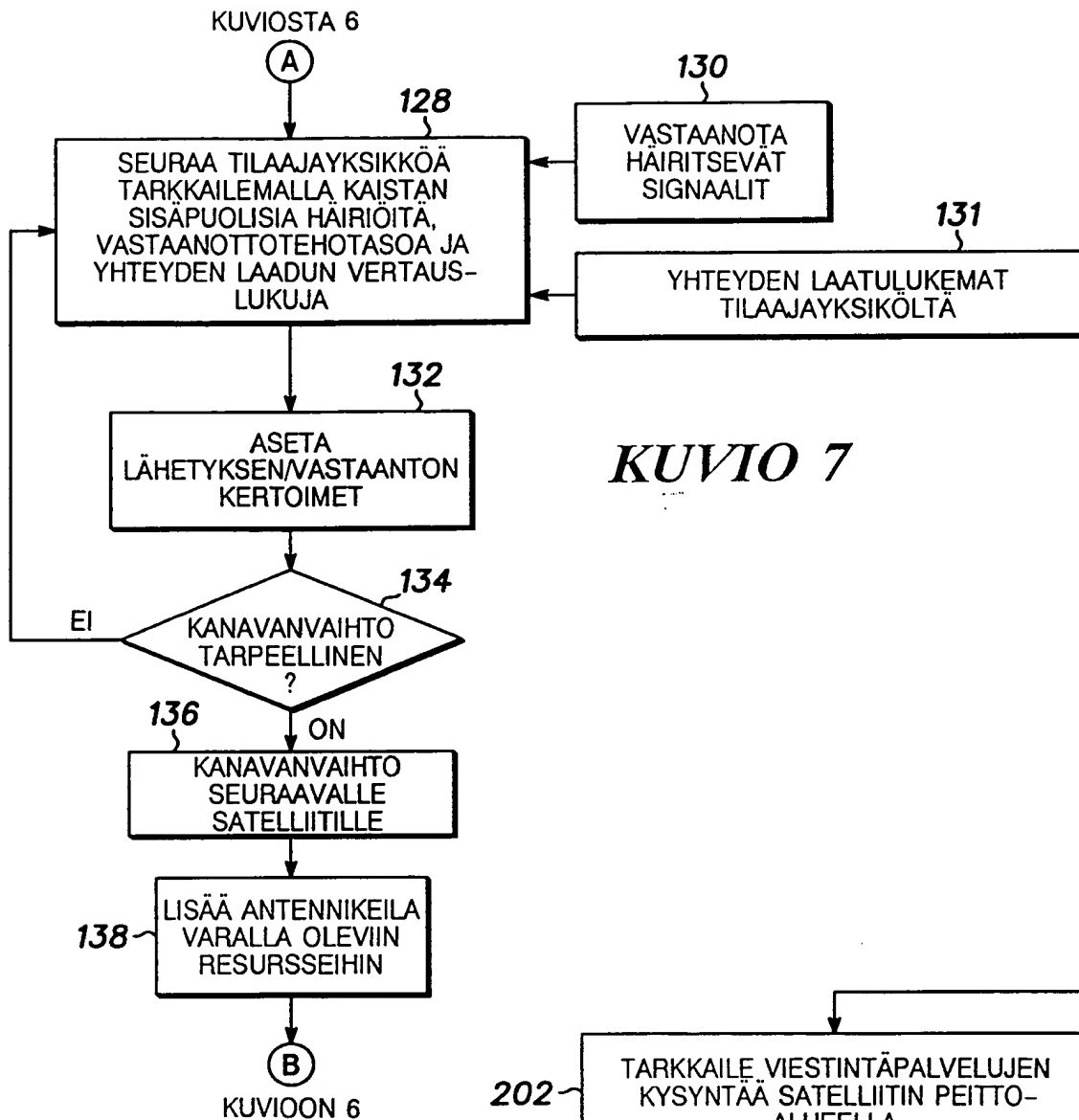




KUVIO 5

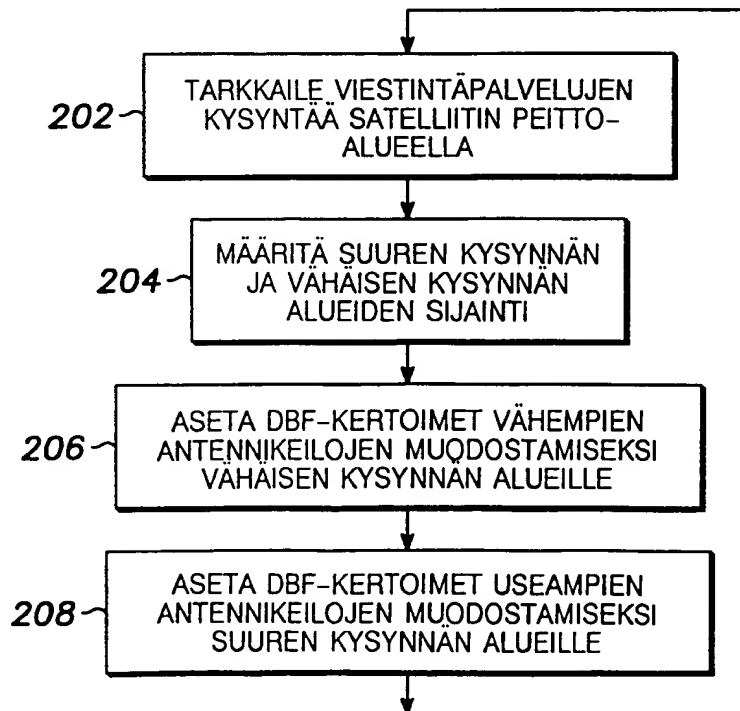


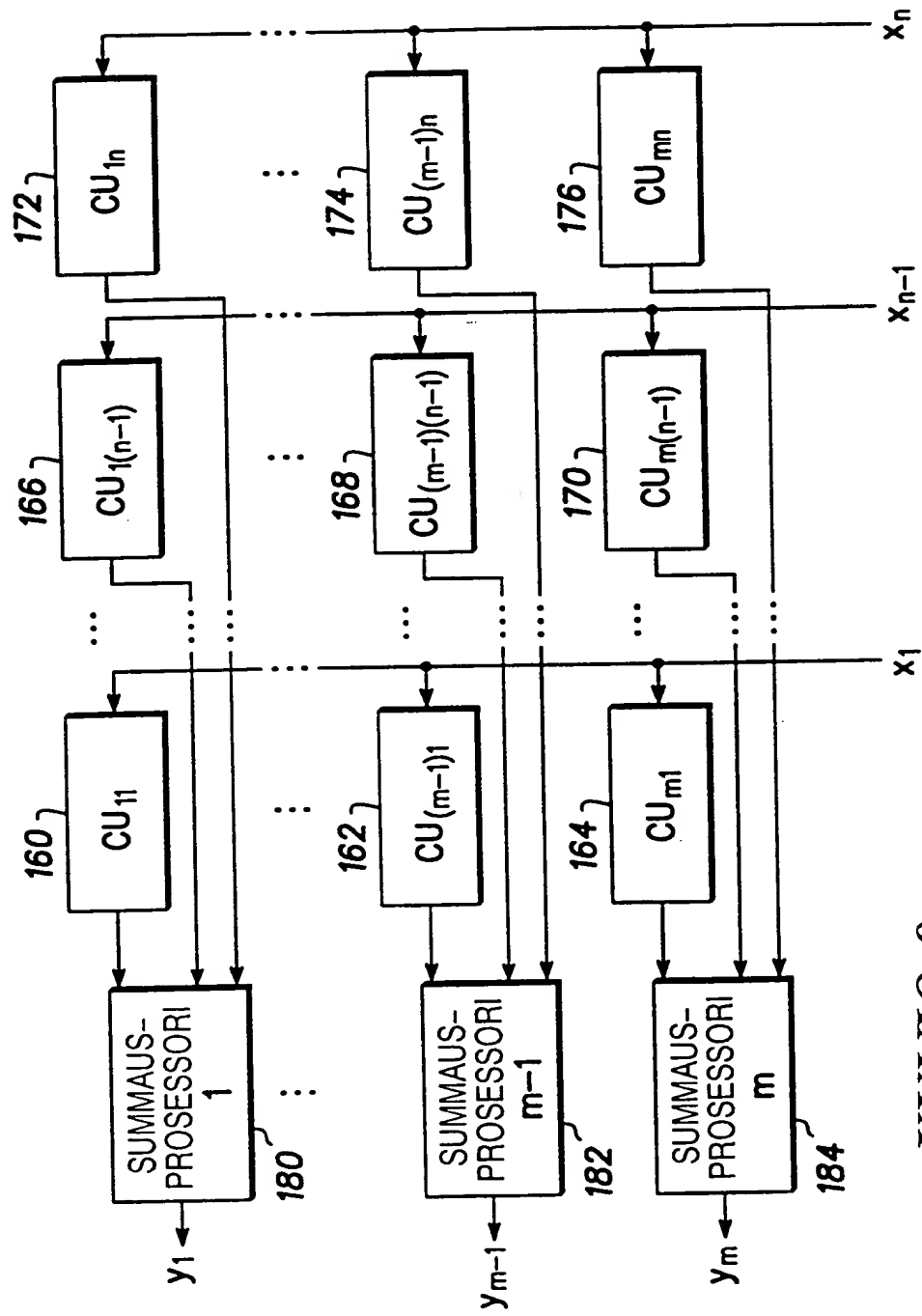




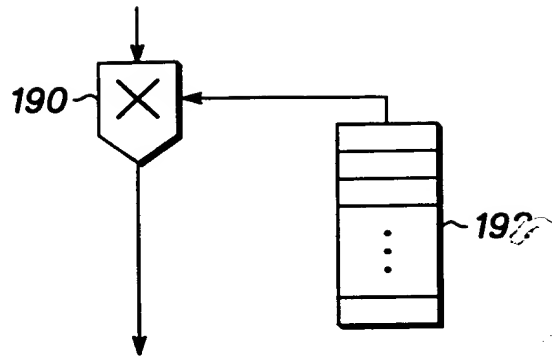
KUVIO 7

KUVIO 8

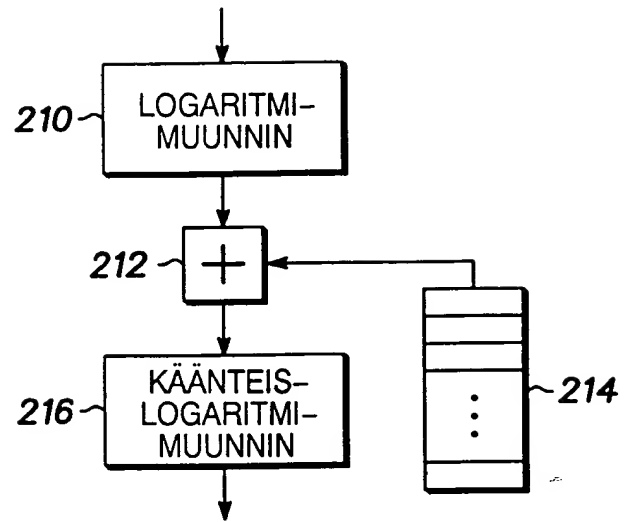




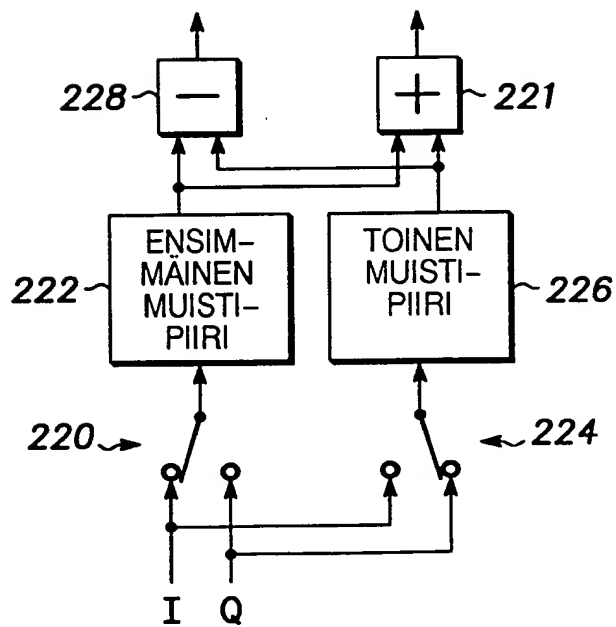
*KUVIO 9*



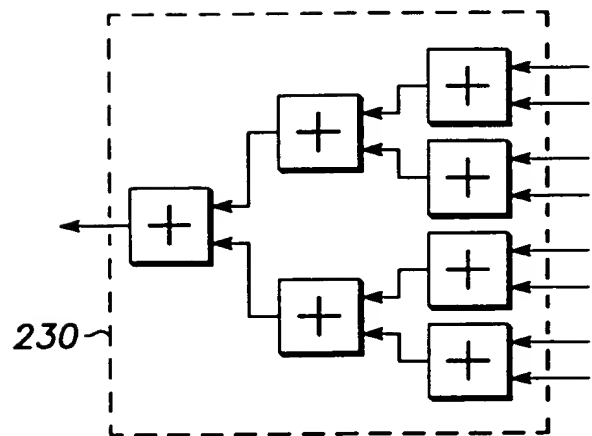
KUVIO 10



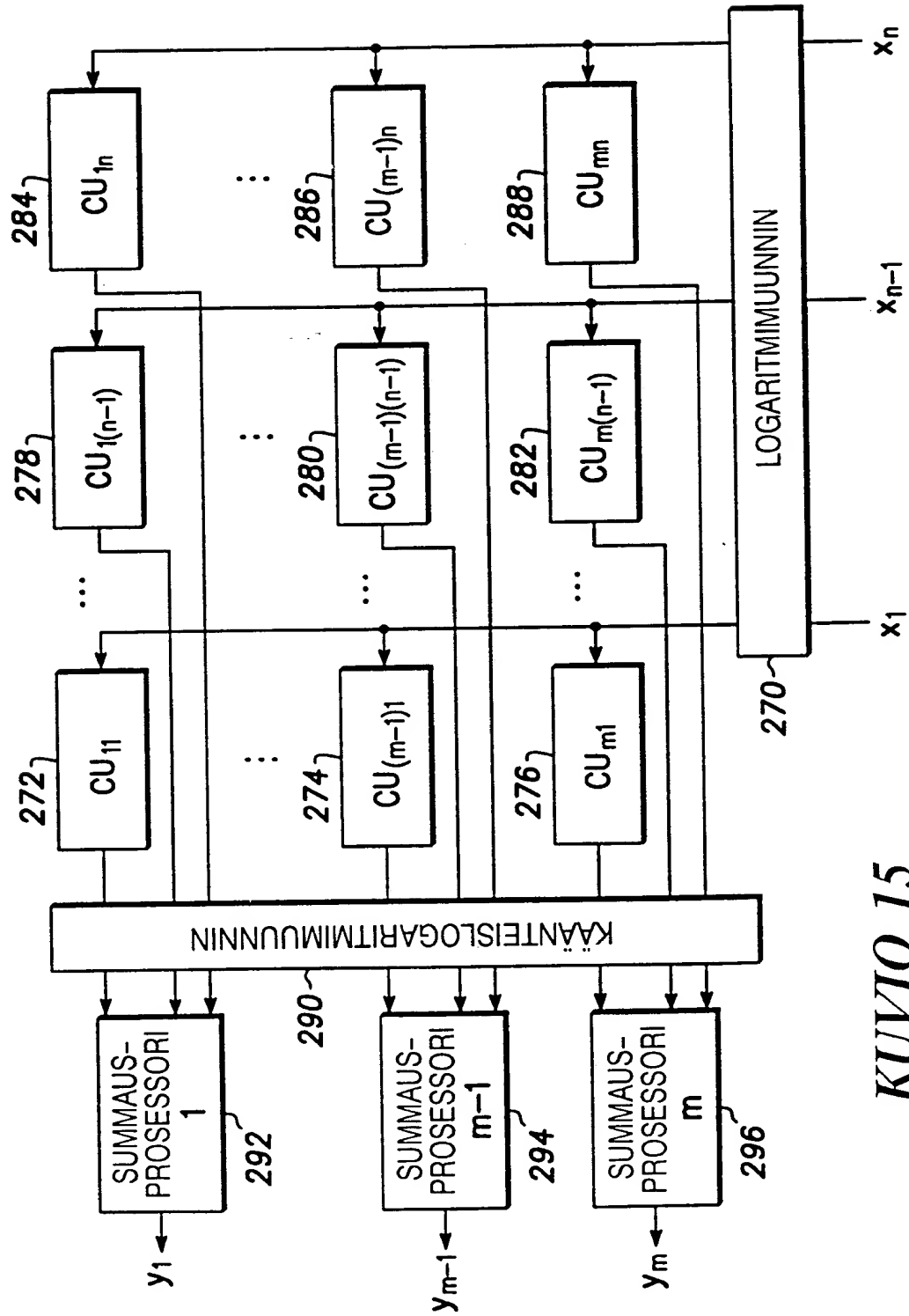
KUVIO 11



KUVIO 12



KUVIO 13



KUVIO 15